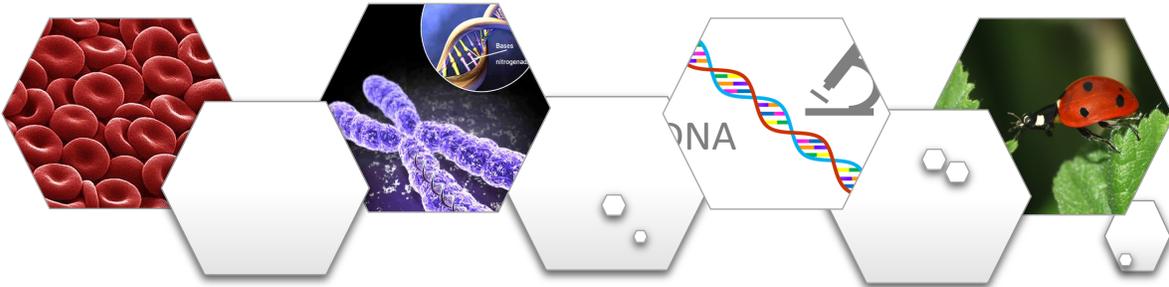




Universidad Nacional Autónoma de México  
Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades

Área de Ciencias Experimentales

*Guía de estudio para preparar el Examen Extraordinario de biología I del programa revisado y actualizado 2016*



**Elaborada por:**

Alanis Montesinos Maribel  
Alcántara Montoya María Dolores  
Cabrera Torres Norma  
Castañeda Ayala Georgina  
Castro Dorantes Juan  
Contreras Sánchez Martha  
Coria Olvera Verónica  
De la Cruz Laina Karina

De Jesús Méndez Beatriz  
Díaz Velázquez Jannet  
Espinosa Meneses Angélica  
Hernández Flores Rosalba  
Miranda Herrera José Mario  
Pérez Ordoñez San Juana Ariadna  
Romero Hernández Paulina  
Santos Velázquez Cecilia

enero 2018

## Índice de la guía de estudio

<b>Introducción</b> .....	1
<b>Instrucciones de uso</b> .....	3
<b>Unidad 1.</b> ¿Por qué la biología es una ciencia y cuál es su objeto de estudio? .....	4
<b>Unidad 2.</b> ¿Cuál es la unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos?.....	35
<b>Unidad 3.</b> ¿Cómo se transmiten los caracteres hereditarios y se modifica la información genética?.....	161
<b>Fuentes de consulta para estudiantes</b> .....	211
<b>Anexo</b>	
Para profesores: tabla de especificaciones .....	213

## Introducción

El curso de Biología I que se imparten en tercer semestre del Plan de Estudios del Colegio de Ciencias y Humanidades, forman parte de la materia de Biología, que se ubica en el Área de Ciencias Experimentales. Orientado a contribuir en la formación integral de los alumnos a través de la adquisición de los conocimientos y principios propios de esta disciplina, así como propiciar el desarrollo de habilidades, actitudes y valores que les permitan enfrentar con éxito los problemas relativos al **aprendizaje** de nuevos conocimientos.

Como toda disciplina científica, la biología, se caracteriza por su objeto de estudio y por los métodos y estrategias que emplea para generar nuevos conocimientos. En el curso de biología 1, se busca que los estudiantes aprendan a ofrecer explicaciones objetivas acerca de los sistemas biológicos, al integrar conceptos y principios, con el desarrollo de habilidades, actitudes y valores, que les permitirán construir, deconstruir y reconstruir, y con ello valorar el conocimiento biológico. Así mismo, los valores y las actitudes desarrollados les permitirán integrarse a la sociedad, asumiéndose como parte de la naturaleza, con respeto hacia ella y con una posición ética en cuanto a las aplicaciones del conocimiento biológico. Situación que debe trabajarse, incluso, en una evaluación extraordinaria.

Para el aprendizaje de la biología, se pretende dotar a los alumnos de: a) los conocimientos globales o principios que sustentan a esta **ciencia** y que a los alumnos se les presentan en forma de **teorías**; y b) de las habilidades básicas para tener acceso a la información biológica y a su utilización para un mejor desempeño en su vida adulta.

Para estudiar dichos conocimientos, debe partirse de la identificación del eje sistémico. El cual reconoce que los **sistemas biológicos** son entidades complejas cuyos componentes interactúan entre sí de manera dinámica, comportándose como una unidad y no como un agregado de elementos, lo que lleva al **aprendizaje de la biología** con una visión integral de la vida. Además, la secuencia de las temáticas en el programa de la asignatura de biología I corresponde a tres interrogantes (ENCCH, Programas de Estudio, 2016):

1. ¿Qué?: se relaciona con las características descriptivas de los sistemas biológicos.
2. ¿Cómo?: agrupa los aspectos fisiológicos,
3. ¿Por qué?: hace referencia a los aspectos evolutivos.

Bajo éste fundamento, la presente guía de estudio contiene los textos que realizan un acercamiento a la respuesta de dichas interrogantes, esto para cada una de las tres unidades que componen el programa de estudio de la asignatura. La primera unidad relacionada a la biología como ciencia; la segunda sobre la estructura y función de la célula; por último, sobre la transmisión de los caracteres hereditarios y cómo se modifica la información genética.

Así, el presente documento se caracteriza por contener la **presentación de cada unidad** indicando el propósito y los **conceptos clave** de la misma. Los textos, en donde se desarrollan los contenidos propios de la disciplina, indicando los aprendizajes que los

alumnos deberán construir, así como las **actividades de aprendizaje**, diseñadas con el fin de facilitar la construcción de conocimientos por parte del estudiante. Igualmente, se presenta una sección de **autoevaluación**, bajo el fundamento de que sea el medio a través del cual, el estudiante determine el nivel de logro sobre un aprendizaje en particular.

La guía presenta, además, sugerencias de **bibliografía básica y complementaria** para que los estudiantes consulten y tengan un panorama, enriquecido con otros textos y la observación de videos y películas. Elementos que podrían facilitar la memoria y/o el recuerdo de cierta información. Cabe señalar que la mayor parte de la información bibliográfica es la sugerida por el programa revisado y actualizado de biología I.

Finalmente, la guía también presenta la **tabla de especificaciones**, herramienta cuyo destinatario es principalmente el docente, con el fin de que sea un referente importante para la elaboración de reactivos y el examen para la evaluación extraordinaria.

## *Instrucciones de uso*

---

Esta guía se elaboró con el propósito de ofrecer a los estudiantes un instrumento de apoyo para la preparación del examen extraordinario de biología I. En cada una de las unidades se desarrollan textos con información referente a los aprendizajes del programa. Los textos contienen los conceptos básicos que permitirán iniciar con el proceso de construcción del aprendizaje. En ellos no sólo se desarrollan los conceptos básicos, la **Estructura conceptual**, apoyándose de la ejemplificación, el uso de imágenes, analogías, situaciones o casos de la vida cotidiana. Algunos de ellos se apoyan de la problematización o explicaciones de casos o de la vida cotidiana para el trabajo de aprendizajes no sólo conceptuales, también procedimentales, relacionados al Área de Ciencias Experimentales.

Por ello, se sugiere que los estudiantes lean los textos y realicen una búsqueda bibliográfica que relacione el aprendizaje del tema específico con situaciones o problemas del día a día. Posteriormente, el estudiante pueda dar respuesta a las **Actividades de aprendizaje** que se encuentran después de cada texto. En una hoja anexa, de cuaderno o directamente el formato impreso de la guía, puede ir colocando las dudas originadas por la resolución de las actividades, así como de la información contenida en la estructura conceptual. Las preguntas pueden ser otra herramienta que propicie la construcción de aprendizajes en los estudiantes.

Después de la interacción con los textos y las actividades de aprendizaje, se propone que el estudiante de respuesta a los reactivos que se encuentran en el apartado de **Autoevaluación**. Sección de la guía de estudio que le permitirá al estudiante determinar el nivel de aprendizaje obtenido. Resultado donde el estudiante puede fundamentar su toma de decisiones sobre la regulación de su propio aprendizaje.

Por tanto, para mejorar los resultados se sugiere que el estudiante consulte algunos de los materiales indicados en el apartado de **Bibliografía para estudiantes**, tanto de libros como de los videos sugeridos. Además, se sugiere que el estudiante se busque el apoyo del Programa Institucional de Asesorías (PIA, con el fin de detectar y corregir errores y/o para recibir la retroalimentación adecuada.

# Unidad 1

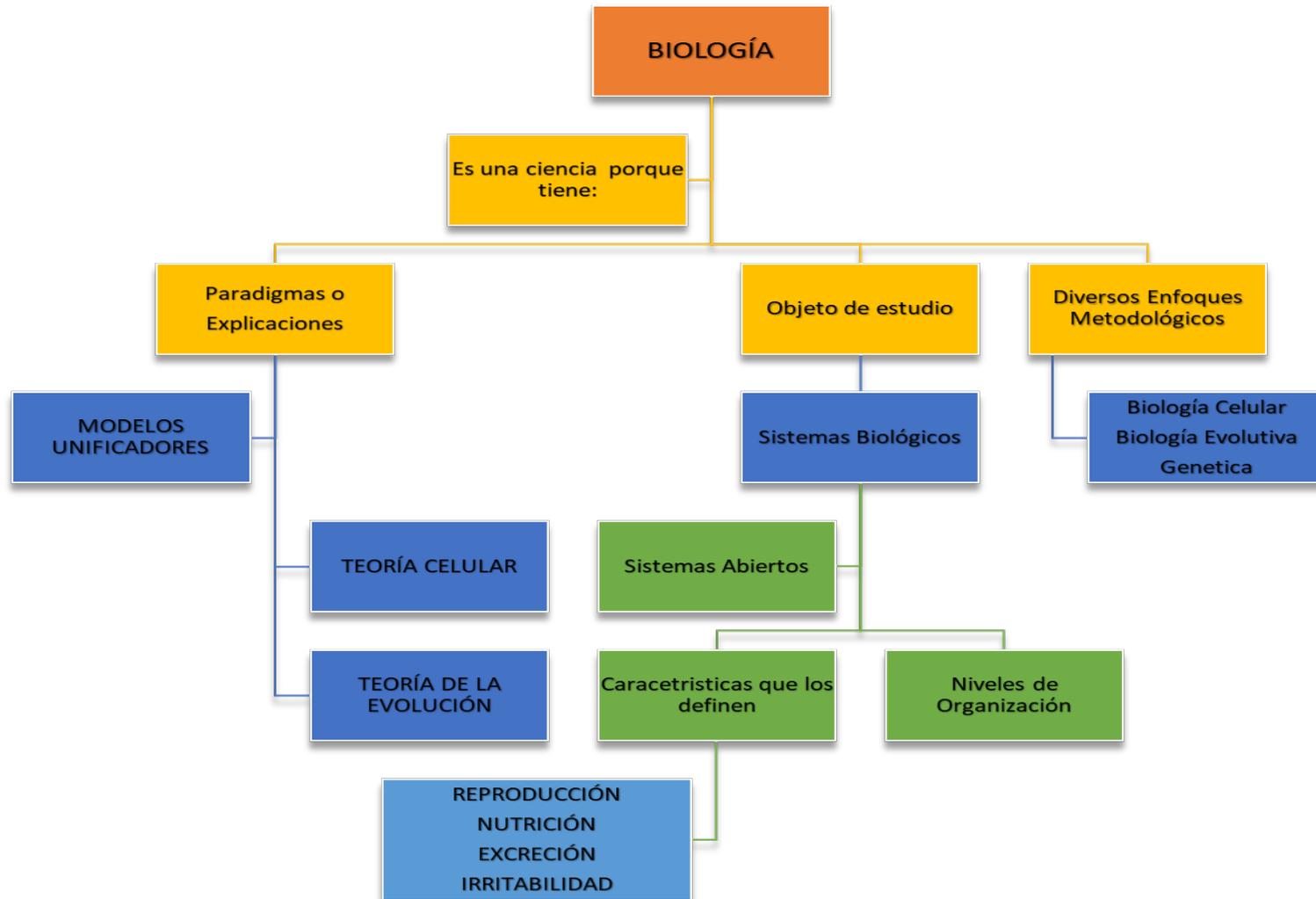
## *¿Por qué la Biología es una Ciencia y cuál es su objeto de estudio?*

### **Propósito:**

Al finalizar, el alumno: Reconocerá que la biología es una ciencia en constante desarrollo, a través del estudio de los sistemas biológicos para que le permitan comprender su dinámica y cambio.



Organizador gráfico con los conceptos clave de la Unidad 1  
¿Por qué la Biología es una Ciencia y cuál es su objeto de estudio?



Aprendizaje. Identifica a la Teoría celular y la Teoría de la evolución por selección natural como modelos unificadores que proporcionaron las bases científicas de la biología moderna.

Tema 1. Panorama actual de la biología.

Subtema. Bases de la biología como ciencia.

## *Bases de la biología como ciencia*

*Verónica Coria Olvera*

Podríamos considerar que la historia de la Biología se remonta en el pasado hace aproximadamente 1,800 000 años, durante el pleistoceno, cuando inicia la evolución y dispersión de los homínidos; pues es en esta época cuando hacen su aparición el Homo erectus, el hombre de Neanderthal y por supuesto nuestra especie, el Homo sapiens; a partir de una línea de homínidos representada por los famosos *Australopithecus aferensis* originándose así la evolución del hombre como especie quien se enfrenta a la necesidad de explicar los fenómenos que atestiguan y lo atemorizan, generando también una serie de impactos que modificaran el ambiente; entrelazándose así las historias de las ciencias, la tecnología y la humanidad. Sin embargo, la Biología es una ciencia moderna, que consolida como tal en el siglo XIX; cuando se enuncian conceptos unificadores que integran los *Paradigmas Globales* de la Biología, que son la:

1. Teoría Celular; formulada en 1839 por Teodoro Schwann y Matias Jacob Schleiden; en la que se reconoce formalmente a la célula como la unidad morfológica, funcional y reproductiva de los seres vivos.
2. Teoría de la Evolución; planteada hacia 1859 por Charles Darwin, en su obra “El origen de las especies”; cuyo título original fue: “El origen de las especies mediante la selección natural o la conservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida”; en donde se propone la idea de un antepasado común y el concepto de selección natural, que plantea que los organismos presentan una tendencia al cambio (Lamúa, 2015)
3. Teoría de la Homeostasis, publicada en 1878 por Claude Bernard, en su obra “Lecciones sobre los fenómenos de la vida común a los animales y vegetal; en la que se explica la regulación del medio interno de los organismos.
4. Teoría de la Herencia, planteada en el texto “Experimentos sobre hibridación de las plantas” en 1865, por Gregorio Mendel (Ledesma Mateos)

## *Actividades de aprendizaje*

---

**Instrucción. 1.** Reflexiona sobre las siguientes preguntas y argumenta tu opinión (puedes emplear el cuadro anexo). Para realizar esta actividad y complementar la información, se sugiere revisar el Tema 2. Concepciones sobre la ciencia; en el Volumen I Biología de la Colección Conocimientos Fundamentales

- ¿Cómo se genera el conocimiento?
- ¿Qué utilidad tiene el conocimiento?
- ¿Qué es la ciencia?
- ¿Cuáles son las herramientas de la ciencia?

He reflexionado que la Ciencia:



2. Para identificar la relación que guardan las teorías celular y de la evolución por selección natural, que orientan a la biología moderna; deberás realizar la lectura del Artículo “La genética de lo humano” de Gertrudis Uruchurtu; publicado en la Revista ¿Cómo ves? Año 15, No. 169, Dic. 2012. Para facilitar el análisis, elabora un organizador grafico (mapa, mental, conceptual, cuadro sinóptico, diagrama de flujo, etc.,) que te permita resaltar los puntos de mayor relevancia. Y Finalmente explica ¿Por qué la Teoría celular y la Teoría de la evolución por selección natural sientan las bases científicas de la biología moderna?



Mi organizador grafico “la genética de lo humano”



Aprendizaje. Reconoce que el panorama actual del estudio de la biología permite entender la dinámica y cambio en los sistemas biológicos.

Tema 1. Panorama actual de la biología.

Subtema. Bases de la biología como ciencia.

## *La biología en la actualidad*

*Verónica Coria Olvera*

La biología es la ciencia que estudia a los seres vivos. Surge a partir del siglo XIX una vez que se reconoció las características distintivas de ésta.

Mayr (2006) reconoce que los acontecimientos que se describen a continuación abrieron el camino para su consagración definitiva.

1. La complejidad de los sistemas vivientes. El primer paso en contra del pensamiento reduccionista fue el reconocimiento de las propiedades emergentes. La perspectiva de que las totalidades compuestas poseen propiedades no evidentes en sus componentes se ha aceptado ampliamente desde el siglo XIX. A causa de su complejidad, los sistemas biológicos se encuentran ricamente dotados con capacidades tales como la reproducción, el metabolismo, la replicación, la regulación, la adaptación, el crecimiento y la organización jerárquica. A su vez, existen niveles de organización/complejidad de la materia, conocidos como niveles de integración (material genético, célula, tejido, órgano, individuo, población, comunidad, ecosistema, paisaje, bioma, biosfera), cada uno de los cuales posee propiedades emergentes que los hacen un sistema en sí mismo.

2. Mayr plantea que puede construirse una clasificación lógica de las disciplinas biológicas considerando los aspectos conceptuales y metodológicos. Por lo que la biología puede dividirse en funcional e histórica. La biología funcional pretende explicar el funcionamiento de los sistemas biológicos y sus causas próximas, por ejemplo, los problemas fisiológicos como la síntesis, liberación y actuación de ciertas hormonas etc., así mismo involucrados los aspectos genéticos. Caracterizándose además por la experimentación y la matematización de los fenómenos en los cuales se intenta detectar las relaciones causales que existen entre los eventos estudiados. Por otro lado, la biología histórica está integrada por disciplinas como la paleontología y la biogeografía. En este ámbito, la experimentación es muy limitada, sino nula, por lo que se utiliza un método heurístico denominado narrativa histórica. Fue el mismo Charles Darwin quien comenzó a emplear el método de la historia como una forma de hacer ciencia, diferente a la centrada en el experimento y la observación. El estudio del desarrollo filogenético (de un grupo de organismos) y ontogenético (desde la fecundación de un organismo –en el caso de reproducción sexual hasta su muerte) corresponde a la Biología histórica (Piaget, 1980).

Este hecho acercó finalmente la dimensión sincrónica de la Biología a la Física y llevó a que la Biología fuese considerada una rama de las ciencias naturales

3. El azar y la probabilidad. En muchos casos de la Biología, las predicciones sólo pueden expresarse como probabilidades, mientras que las leyes de la Física son más bien deterministas. De hecho, el resultado de un proceso evolutivo es habitualmente producto de una interacción entre numerosos factores fortuitos. Jiménez Aleixandre (2009) sostiene que el probabilismo tiene relación con la multicausalidad; es decir, de las distintas causas de un fenómeno, algunas pueden depender del azar (por ejemplo, las mutaciones, entrecruzamiento durante la meiosis, deriva génica, ciertas extinciones, etc.). La Biología abrió un camino hacia lo incierto al reconocer la incertidumbre. El azar y la probabilidad están unidos estrechamente en la ciencia estadística.

La Biología pudo ser reconocida como ciencia autónoma luego de aceptar las características propias de sus objetos de estudio y de demostrar que algunos principios básicos de la Física no pueden ser directamente trasplantados.

### Bibliografía y hemerografía

Jiménez, L. F., & et al., (2006), *Conocimientos Fundamentales de Biología*, México, Pearson Educación.

Lamúa, A., (2015), *Grandes Enigmas de la Ciencia*, China, Lexus Editores.

Ledesma Mateos, I. (s.f.), Biología: ¿ciencia o naturalismo?, *Ciencias*.

Uruchurtu, G., (2012), Genética de lo Humano, ¿Cómo ves?, 10 - 14.

### *Actividades de aprendizaje*

**Instrucción.** A partir de la lectura “La biología en la actualidad” y retomando tus reflexiones de la actividad anterior, responde los siguientes cuestionamientos.

¿Qué es la biología?	¿Por qué se considera que la biología surgió en el siglo XIX?	¿Cuáles son las características de la biología funcional?	¿Cuáles son las características de la biología evolutiva?

--	--	--	--

Elabora una reseña histórica del desarrollo de la biología que te permita entender el panorama actual del estudio de los sistemas biológicos. Te sugerimos emplear el siguiente espacio.

## Autoevaluación

**Instrucción.** Para conocer el avance en la preparación del examen; realiza el siguiente ejercicio de autoevaluación.

1. El principal objetivo de la ciencia es:.....( )
  - A) Reflejar la verdad del fenómeno observado
  - B) Utilizar un método para estudiar la realidad
  - C) Comprender y explicar los fenómenos cotidianos
  - D) Construir teorías a través del método experimental
2. La Biología es considerada una ciencia ya que: .....( )
  - A) Comprende y explica el origen de la vida
  - B) Explica la relación de los sistemas biológicos con el medio
  - C) Estudia la información genética y su importancia para los sistemas biológicos
  - D) Se plantean teorías que unifican el conocimiento sobre los sistemas biológicos
3. En esta se reconoce formalmente a la célula como la unidad morfológica, funcional y reproductiva de los seres vivos. ....( )
  - A) Teoría de la Homeostasis
  - B) Teoría de la Evolución
  - C) Teoría de la Herencia
  - D) Teoría Celular
4. Propone la idea de un antepasado común y el concepto de selección natural, que plantea que los organismos presentan una tendencia al cambio. ....( )
  - A) Teoría de la Homeostasis
  - B) Teoría de la Evolución
  - C) Teoría de la Herencia
  - D) Teoría Celular
5. La ciencia es: .....( )
  - A) Una actividad social, producto del trabajo de generaciones y en continua construcción
  - B) Un conjunto de conocimientos en continua reconstrucción
  - C) Experimentos, hipótesis, teorías que buscan explicar la realidad y dar solución a la problemática contemporánea
  - D) La organización sistemática del conocimiento acerca del mundo y sus fenómenos

Respuestas:

1 (C), 2(D), 3(D), 4(B), 5(D)

Aprendizaje. Distingue las características generales de los sistemas biológicos.

Tema 2. Objeto de estudio de la biología.

Subtema 1. Características generales de los sistemas vivos.

## *Características generales de los sistemas biológicos*

*De Jesús Méndez Beatriz*

El ser humano ha tratado de buscar vida más allá del planeta. Con el desarrollo año tras año de la ciencia y la tecnología se han logrado avances significativos, como enviar misiones al espacio exterior con el fin de obtener resultados satisfactorios.

Pero, ¿cómo podríamos identificar la vida en otros lugares que no son nuestro planeta? Comparando aquellos objetos sospechosos con los organismos vivos que ya conocemos, es decir, ¡con los que habitamos el planeta!, pero entonces, ¿qué es vida?...

Si bien, definir la palabra vida resulta complicado para muchos de nosotros, identificar un ser vivo podría hacerlo cualquiera. Somos capaces de reconocer que un ave, un helecho, un gusano y nosotros mismos somos organismos vivos a diferencia del agua o una roca. La dificultad para definir el concepto de vida obliga a la biología a aproximarse a él explicando las características y los procesos comunes que desarrollan todos los sistemas biológicos y que los distinguen de la materia inanimada.

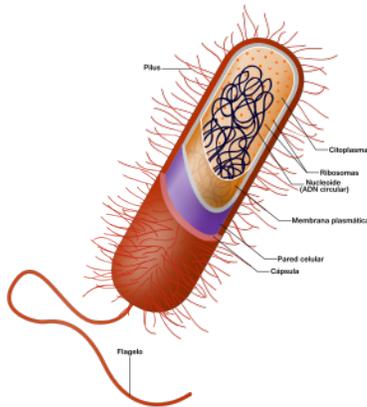
Pero, **¿qué es un sistema biológico?** Es un conjunto de elementos organizados que interactúan entre sí para cumplir una determinada función. Sus actividades están gobernadas por programas genéticos que contienen información adquirida a lo largo del tiempo, algo que no tiene la naturaleza no viva.

Un sistema biológico es resultado de una organización muy precisa; en su interior se realizan varias actividades al mismo tiempo, estando relacionadas éstas actividades unas con otras, por lo que todos los sistemas biológicos poseen una organización específica y compleja a la vez.

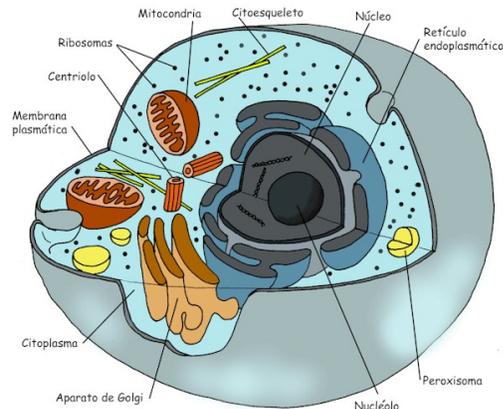
### **Características de los sistemas biológicos**

Los sistemas biológicos están formados por **células**. Los organismos están compuestos por una o más células, las unidades más pequeñas consideradas vivas por completo. A pesar de su tamaño pequeño, las células son complejas y altamente organizadas. Fundamentalmente hay dos tipos de células: procariotas y eucariotas. Las *células procariotas* son exclusivas de las bacterias y organismos microscópicos llamados arqueas. Las células procariotas son estructuralmente más simples, no tienen un núcleo ni otros organismos delimitados por membranas (Figura 1). En el caso de las *células eucariotas*,

contienen diversos orgánulos delimitados por membranas, incluyendo un núcleo, que alberga el ADN (Figura 2).



**Figura 1.** Representación de una célula procariota



**Figura 2.** Representación de una célula eucariota.

Tomadas de: <http://www.etitudela.com/profesores/rma/celula/04f7af9d590eda804/04f7af9d590ee8b12/index.html>

**Irritabilidad:** Es la respuesta o reacción de los sistemas biológicos a estímulos de su ambiente interno o externo. Un estímulo es una señal a la que responde un organismo. Los estímulos que provocan una respuesta en la mayoría de los organismos son los cambios en el calor, intensidad o dirección de la luz; cambios de temperatura, presión, el sonido; cambios en la composición química del suelo, del aire o del agua.

Ciertos organismos unicelulares, por ejemplo, responden a la luz brillante retirándose. En animales como los saltamontes, lagartos y los seres humanos, tienen células altamente especializadas que responden a tipos específicos de estímulos, por ejemplo, las células de la retina del ojo de los vertebrados responden a la luz. En las plantas, por ejemplo, éstas orientan sus hojas hacia el sol y crecen hacia la fuente de luz. Algunas plantas como la Venus atrapamoscas son muy sensibles al tacto y por ello capturan insectos. Sus hojas están articuladas a lo largo de la nervadura, y tienen un olor que atrae a los insectos. Los pelos se activan sobre la superficie de la hoja al detectar la llegada de un insecto y estimulan a la hoja para que se doble (Figura 3 y 4).



**Figura 3.** Der. Por ejemplo los animales: a través de los órganos de los sentidos, perciben los estímulos externos y los internos a través de receptores de temperatura, dolor, estiramiento. En el caso de algunas plantas producen sustancias químicas desagradables que repelen a las orugas que comen sus hojas.

**Figura 4.** Izq. Venus atrapamoscas

Tomadas de: <http://observandolanaturaleza.blogspot.mx/2012/05/ciclo-de-la-papilio-machaon.html> y <https://www.livescience.com/53462-venus-flytraps-count.html>

**Adaptación Evolución:** Las condiciones ambientales en que viven los organismos cambian, son dinámicas, y los seres vivos deben adaptarse a estos cambios para sobrevivir.

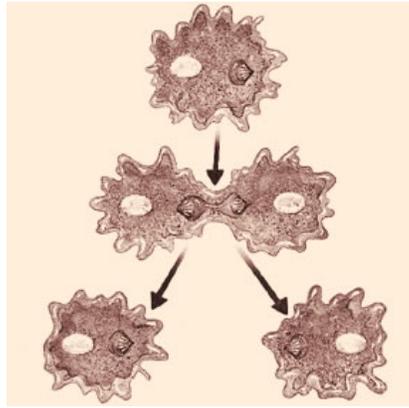
El proceso por el que una especie se condiciona lenta o rápidamente para lograr sobrevivir ante los cambios ocurridos en su medio, se llama **adaptación** o **evolución biológica**.

A través de la evolución, las poblaciones logran adaptarse al medio en el que se encuentran, para aumentar sus probabilidades de supervivencia. A lo largo de las generaciones los grupos de organismos evolucionan, o cambian con el tiempo. El cambio evolutivo relaciona todas las formas de vida con un origen común hace más de 3.5 mil millones de años. La evidencia de esta historia compartida se encuentra en todos los aspectos de los sistemas biológicos vivos y fósiles, desde las características físicas y las estructuras de las proteínas hasta la secuencia de información en el ADN

**Reproducción:** Todos los organismos se reproducen, lo cual significa ser un proceso biológico por medio del cual los sistemas biológicos forman nuevos individuos semejantes a ellos, que además de continuar su especie, replazan a los que van desapareciendo.

La reproducción puede ser **asexual** en la que no es necesaria la intervención de dos organismos de la misma especie de sexo distinto y no hay una recombinación de material genético. O **sexual**, en la que intervienen dos progenitores de sexo distinto e intervienen células sexuales especializadas llamadas gametos (Figura 5).

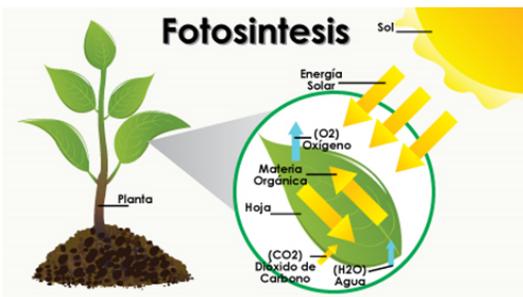
Los organismos simples, como las amebas, se perpetúan por *reproducción asexual*. Cuando una ameba ha crecido hasta un tamaño determinado, se reproduce dividiéndose a la mitad para formar dos nuevas amebas (Figura 6). Antes de que se divida una ameba, su material hereditario (conjunto de genes) se duplica, y un conjunto completo se distribuye en cada nueva célula. Excepto por el tamaño, cada nueva ameba es similar a la célula progenitora. En la mayoría de las plantas y animales, la reproducción sexual se lleva a cabo por fusión de un óvulo y un espermatozoide para formar un óvulo fecundado, el nuevo organismo se desarrolla a partir del óvulo fecundado. Los descendientes producidos por la reproducción sexual son el resultado de la interacción de varios genes aportados por la madre y el padre.



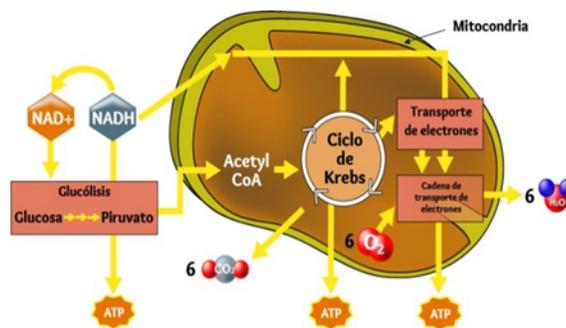
**Figura. 5** Ejemplo de reproducción sexual en moscas **Figura. 6** Ejemplo de reproducción asexual en amebas

3. <http://www.sinek.es/Cie/MoscasHeterosexuales2.html>
4. [http://www.hiru.eus/hirupedia?p\\_p\\_id=indice\\_WAR\\_w25cIndexWAR\\_INSTANCE](http://www.hiru.eus/hirupedia?p_p_id=indice_WAR_w25cIndexWAR_INSTANCE)

**Metabolismo:** Es el conjunto de procesos mediante los seres vivos transforman y aprovechan la materia y energía, para realizar sus funciones. Estas reacciones químicas son reguladas por las enzimas (catalizadores químicos). Las reacciones químicas posibles se clasifican en dos categorías: **anabolismo**, cuando las reacciones permiten formar nuevas sustancias, y el **catabolismo**, que consiste en el desdoblamiento de sustancias complejas con la liberación de energía (Figura 7 y 8).



**Figura 7.** Proceso de la fotosíntesis en plantas



**Figura 8.** Proceso de la respiración celular

Tomadas de: <https://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia1/unidad2/respiracionAerobia/introduccion> <http://ecologiahoy.net/medio-ambiente/fotosintesis-en-que-consiste-como-se-lleva-a-cabo/>

**Crecimiento y desarrollo:** Los sistemas biológicos crecen y se desarrollan. Todo organismo tiene un patrón particular de crecimiento y desarrollo. El crecimiento biológico implica un aumento en el tamaño de las células individuales de un organismo, en el número de células, o en ambos. El crecimiento puede ser uniforme en las diversas partes de un organismo, o puede ser mayor en algunas partes que en otras, haciendo que las proporciones del cuerpo cambien a medida que se produce el crecimiento.

En el desarrollo, se incluye todos los cambios que tienen lugar durante la vida de los organismos. Al igual que muchos otros organismos, cada ser humano comienza su vida como un huevo fertilizado, que crece y se desarrolla. Las estructuras y la forma del cuerpo que se desarrollan están adaptadas a las funciones que el organismo debe realizar.



**Figura 9.** Algunos organismos como los árboles, continúan creciendo durante toda su vida

Tomada de: <https://es.dreamstime.com/fotograf%C3%ADa-de-archivo-libre-de-regal%C3%ADas-evoluci%C3%B3n-del-%C3%A1rbol-image14317767>

**Homeostasis:** Todos los organismos necesitan mantener su ambiente interno relativamente estable, aun cuando las condiciones externas cambien en forma drástica. Esta condición se llama **homeostasis**.



**Figura 10.** Por ejemplo regular el calor de nuestro cuerpo, cuando hace calor el cuerpo suda, cuando hace frío el cuerpo metaboliza más alimentos. Tomada de: <http://petionbiologia5.blogspot.mx/2015/02/el-ser-humano-y-su-funcionamiento-como.html>

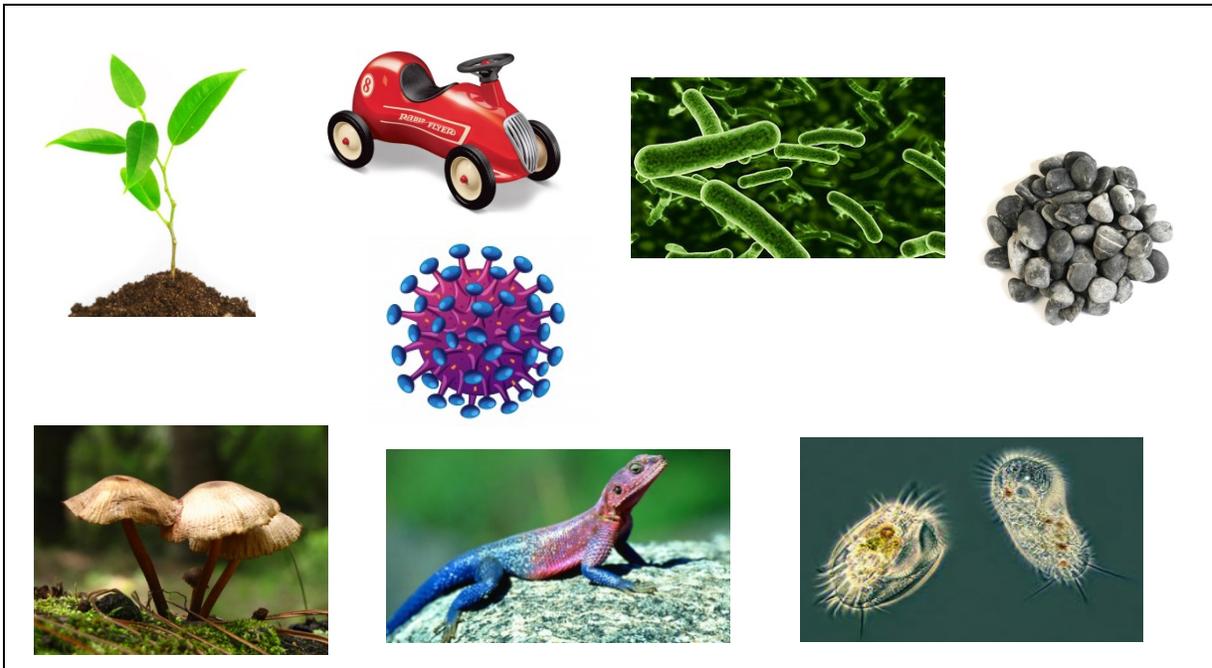
### Bibliografía

Mayr, E., (1998), *Así es la Biología*, Madrid, Editorial Debate.

Mayr, E., (2006), *Por qué es única la biología. Consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica*, España, Katz Editores.

## Actividades de aprendizaje

**Instrucción.** Observa las siguientes imágenes



1. De las imágenes que se te muestran, responde ¿Qué características te permiten distinguir entre los objetos no vivos de los sistemas vivos?

Objetos no vivos	Sistema biológico

Elige un organismo y realiza una búsqueda de información respondiendo a las siguientes preguntas:

2. ¿Cómo se alimenta?
3. ¿Cómo se reproduce?
4. ¿Está formado por una o muchas células?
5. ¿Qué características le permiten vivir en su ambiente?
6. ¿Responde ante estímulos?
7. ¿Crece, se desarrolla?
8. ¿Respira? ¿Cómo lo hace?

2. Considerando las características que presentan los sistemas biológicos completa la siguiente tabla

	Pez	Hongo	Planta	Roca ígnea	Carro de pilas	Yo
<b>Características</b>						
¿De qué está formado?						
¿Se mueve?						
¿En qué ambiente se ha adaptado?						
¿Cómo se reproduce?						
¿Respira?						
¿Utiliza energía para llevar a cabo sus funciones?						
¿Qué le pasa si aumenta su temperatura?						
¿Cómo se reproduce?						
¿Cómo reacciona ante la contaminación?						

## Autoevaluación

Instrucciones. Relaciona las siguientes columnas y coloca en el paréntesis la letra que corresponda a la respuesta correcta.

1. ( ) Capacidad de los sistemas biológicos de autorregularse.	a) Organización y complejidad
2. ( ) Conjunto de reacciones bioquímicas	b) Evolución
3. ( ) Capacidad de respuesta a estímulos externos	c) Metabolismo
4. ( ) La habilidad de los organismos de producir nuevos individuos.	d) Crecimiento y desarrollo
5. ( ) Son los cambios que experimentan las poblaciones (especies) a través de las generaciones.	e) Adaptación
6. ( ) Nacer, crecer, desarrollarse, madurar, reproducirse y morir; son las etapas del...	f) Células
7. ( ) Característica que le permita a un organismo responder a un estímulo y sobrevivir en su entorno, se conoce como...	g) Homeostasis
8. ( ) Las propiedades de los sistemas biológicos son:	h) Irritabilidad
9. ( ) Eliminación de sustancias nocivas	i) Reproducción
10. ( ) Todos los sistemas vivos están constituidos por...	j) Excreción

Respuestas: 1-g; 2-c; 3-h; 4-i; 5-b; 6-d; 7-e; 8-a; 9-j; 10-f

Aprendizaje. Identifica los niveles de organización de los sistemas biológicos.  
Tema 2. Objeto de estudio de la biología.  
Subtema 2. Niveles de organización.

## Niveles de organización

Georgina Castañeda Ayala

La Tierra se encuentra habitada por una gran diversidad de organismos que se han originado por el proceso de evolución. Para poderlos estudiar, los científicos los han organizado de acuerdo con las características que tienen en común, para lo cual han creado el concepto de especie que es la categoría taxonómica que agrupa “a los organismos que son potencialmente infértiles, es por lo tanto un grupo de individuos que pueden aparearse entre sí, para producir descendencia fértil”. Los seres vivos se encuentran distribuidos habitando la superficie, los océanos y la atmósfera terrestre (Figura 1).

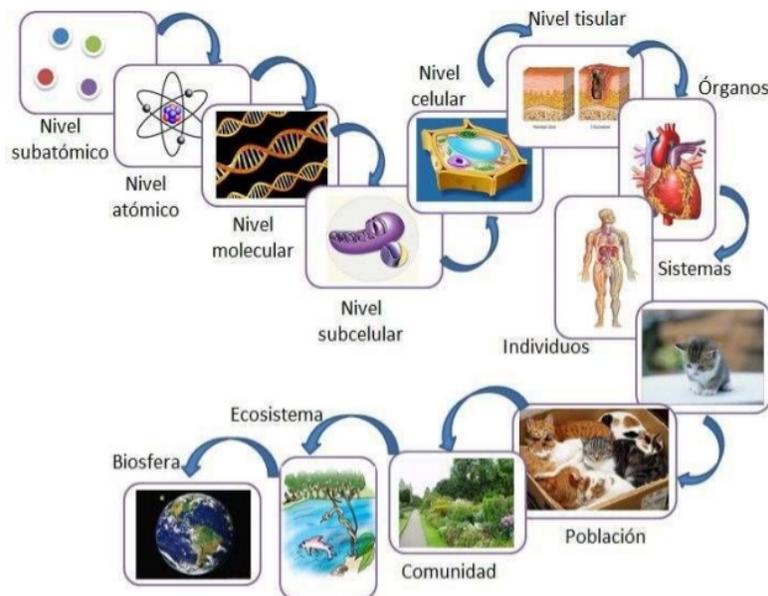


Figura 1. Tomado de: <http://medicinaug3.blogspot.mx/2015/08/niveles-de-organizacion-de-la-materia.html>

La **materia** para su estudio se organiza en niveles de complejidad creciente conocidos como niveles de organización de la materia. **Los niveles de organización de la materia** constituyen unidades de diferentes grados de complejidad estructural y funcional de la materia, en relación con sus características físicas, químicas y biológicas (Figura 2).



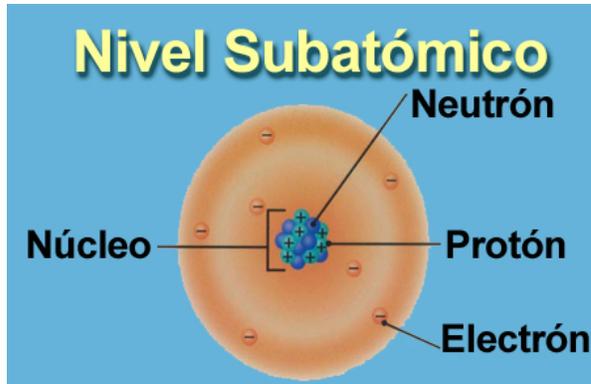
Figura 2. Tomado de: <http://santanderbiofisica.weebly.com/primer-a-unidad/primer-a-unidad>

Estos niveles se clasifican en abióticos (los que no manifiestan la vida) a los que pertenecen el nivel atómico y el nivel molecular, y bióticos (los que manifiestan la vida) que incluye a los niveles: celular, organismo, población, comunidad y biosfera.



Figura 3 Tomado de: <http://biologia.cubaeduca.cu/biologia-alumnos-niveles-de-organizacion-de-la-materia-y-biomoleculas-niveles-abioticos>

Los niveles de organización de la materia se ordenan de acuerdo a su complejidad, tamaño y requerimientos energéticos. Todos los niveles de organización de la materia mantienen una estrecha relación, ya que cada nivel incluye a los niveles inferiores y al mismo tiempo está incluido en los niveles de mayor complejidad.



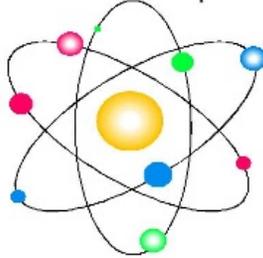
**Subatómico:** este nivel es el más simple de todo y está formado por electrones, protones y neutrones, que son las distintas partículas que configuran el átomo.

**Figura 4.** Tomado de:

[http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/biologia/modulos/Curso/un\\_i\\_01/u1c3s4.htm](http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/biologia/modulos/Curso/un_i_01/u1c3s4.htm)

## NIVEL ATÓMICO

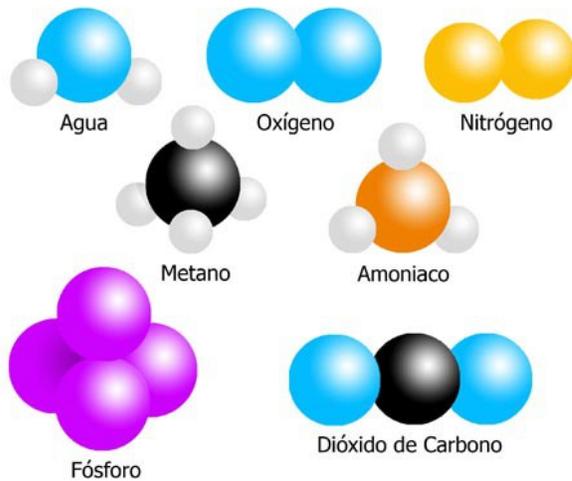
- Los átomos son las partículas más pequeñas de la materia que conservan las propiedades del elemento químico al que pertenecen



**Figura 5.** Tomado de: <http://slideplayer.es/slide/4066147/>

Alrededor del núcleo se encuentran los electrones, cargados negativamente en zonas de máxima probabilidad llamadas orbitales.

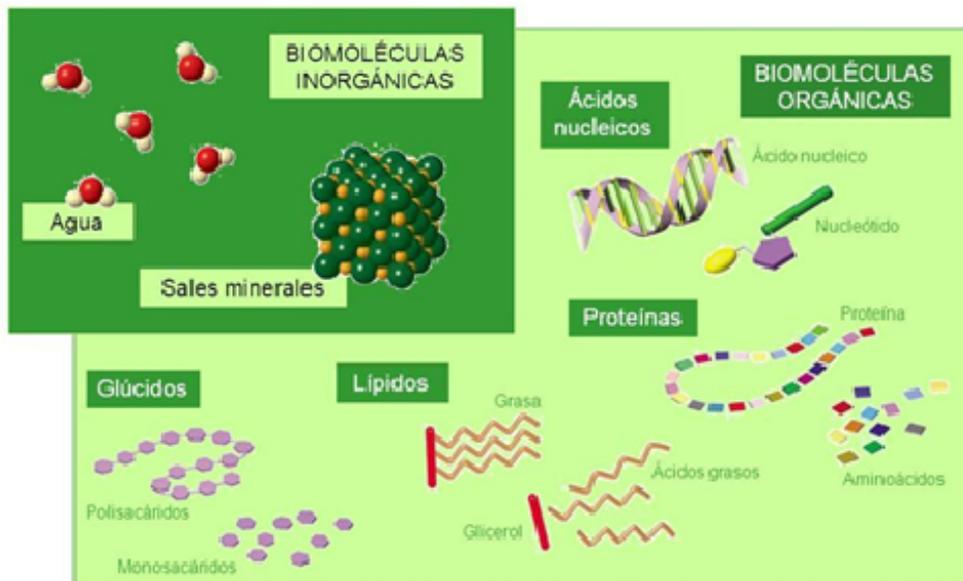
**El nivel atómico:** Está formado por átomos y estos a su vez presentan una estructura compleja. Los átomos están formados por partículas subatómicas como los neutrones, los protones y los electrones. Los átomos poseen propiedades como la masa atómica, la valencia, la electronegatividad, entre otras. El núcleo atómico está constituido principalmente por los protones, cargados positivamente y los neutrones, que no tienen carga.



**Nivel molecular.** Este nivel consta de dos o más átomos del mismo elemento, o de elementos distintos, los cuales se mantienen unidos gracias a las interacciones en sus capas de electrones más externas. A partir de la diversidad de átomos que existen, se pueden formar distintos tipos de moléculas con diversas funciones en la naturaleza.

**Figura 6.** Tomado de: <https://caminociencia.wordpress.com/niveles-de-organizacion-interna-de-los-seres-vivos-y-la-materia/>

Las biomoléculas pueden dividirse en orgánicas e inorgánicas.



Las biomoléculas orgánicas disponen de una estructura cuya base es el carbono y son sintetizadas por los organismos vivos. Las proteínas, las vitaminas, los carbohidratos, los lípidos y los ácidos nucleicos son biomoléculas orgánicas.

Las biomoléculas inorgánicas, por su parte, están presentes tanto en los organismos con vida como en los elementos inertes que resultan necesarios para la subsistencia. El agua (H<sub>2</sub>O) es un ejemplo de biomolécula inorgánica.

La célula como unidad básica de estructura y función de todos los seres vivos, incluye a los niveles abióticos, aquellos que no manifiestan la vida, como los niveles: molecular, atómico e iónico.

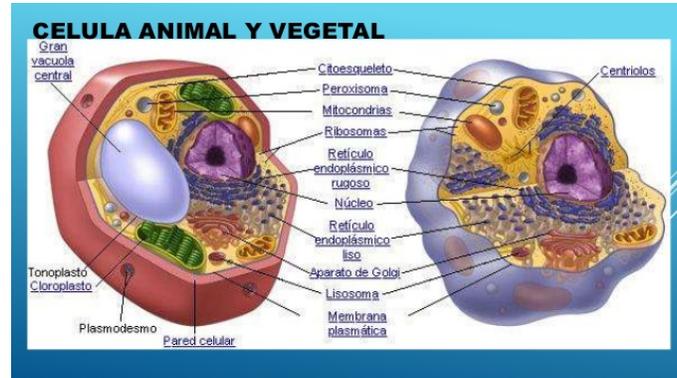
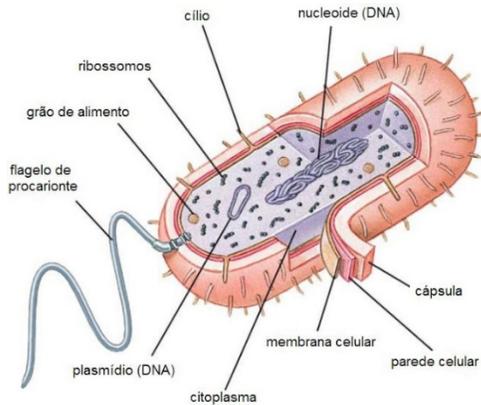


Figura 8. Tomado de: [https://www.tes.com/lessons/T\\_r\\_0YHcgARsAA/biologia](https://www.tes.com/lessons/T_r_0YHcgARsAA/biologia)

Figura 9 Tomado de: <http://losseresvivosysumedio.blogspot.mx/2016/07/celula-animal-y-vegetal.html>

La célula de acuerdo a la complejidad alcanzada durante el proceso evolutivo puede ser **procariota o eucariota**. Los organismos pertenecientes al reino monera poseen célula procariota y los organismos que pertenecen a los reinos: protistas, hongos, plantas y animales, poseen célula eucariota.



Figura 10. Tomado de: <http://ciencias-em-rede.blogspot.mx/2015/11/constituicao-basica-da-celula.html>

En la Biosfera existen **organismos unicelulares** como las bacterias, los protistas y algunos hongos como las levaduras, y pluricelulares como la mayoría de los hongos, las plantas y los animales.

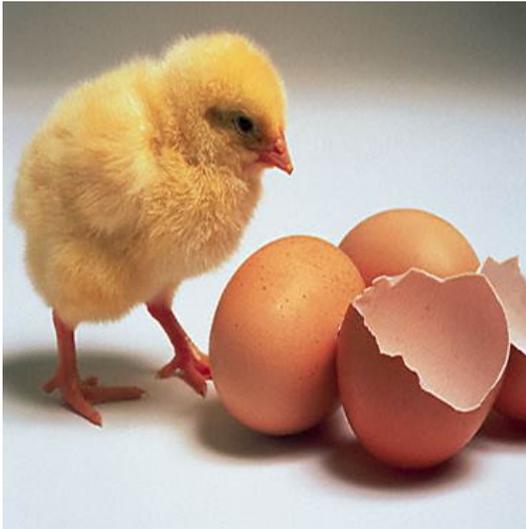
Los organismos unicelulares pertenecen al nivel celular y al nivel de organismo, ya que están constituidos por una sola célula que se autorregulan y tiene vida independiente.



Los **organismos pluricelulares** están organizados estructuralmente por células, tejidos y órganos, y en la mayoría de los animales diferentes órganos interactúan estructural y funcionalmente formando sistemas de órganos. Los organismos pluricelulares sólo pertenecen al nivel de organismo, ya que las células que lo constituyen separadas del tejido que integran no se autorregulan, ni tienen vida independiente.

Figura 11. Tomado de: <https://biologaiv.wordpress.com/2016/09/20/organismo-unicelulares-y-pluricelulares/>

La pluricelularidad proporcionó notables ventajas durante el proceso evolutivo, ya que: los organismos pluricelulares han desarrollado una mayor complejidad estructural y especialización funcional, lo que contribuyó al incremento de la biodiversidad y al desarrollo de organismos con adaptaciones que se corresponden con la función que realizan y que les permiten sobrevivir en las diferentes condiciones del medio ambiente en que habitan.



### Organismo

La noción de organismo se utiliza para nombrar al grupo que forman los órganos de un ser vivo, incluyendo sus interrelaciones y las leyes naturales que regulan su funcionamiento.

Figura 12. Tomado de: <https://gizmodo.com/5993103/how-to-grow-a-chicken-from-scratch>



**Figura 13.** Tomado de: <http://www.ososwiki.com/imagenes-osopanda-gigante-jpg>

### Especie

[Lat. species, tipo, clase]: el concepto biológico de especie se refiere a un grupo de organismos que, en realidad (o potencialmente), se cruzan entre sí en la naturaleza y están aislados reproductivamente de otros grupos similares.



**Figura 14** Tomado de: <http://dondeviven.net/donde-viven-los-pinguinos/>

### La población

Es un conjunto de organismos de la misma especie que se relacionan entre sí, que viven en un lugar determinado y en un momento dado.

Las distintas **especies** que habitan nuestro planeta tienen diferentes historias evolutivas, lo que ha conducido a diferentes **genomas** y se calcula que en la Tierra habitan aproximadamente 12,5 millones de especies.



**Figura 15.** Tomado de: <http://biologyresources.blogspot.mx/2015/10/la-vida-marina.html>



**Figura 16.** Tomado de: <https://www.crowdbabble.com/blog/the-social-media-kingdom-the-24-biggest-social-media-networks-as-animals/>

## La comunidad

Son asociaciones de poblaciones diferentes que interactúan entre sí y ocupan una zona y momento determinado. Los factores sociales del medio ambiente están determinados por la acción humana, que puede ser beneficiosa como es el control de insectos que constituyen vectores de enfermedades, o dañina cuando el hombre al devastar los bosques destruye el hábitat, el refugio y la fuente de alimentación de muchas poblaciones de la Tierra, lo que afecta el equilibrio ecológico.

El ecosistema es una unidad de organización biológica que consiste en todos los organismos presentes en un espacio dado más el ambiente físico en el que están instalados. Se caracteriza por interacciones entre los componentes vivientes (bióticos), y los no vivos (abióticos), que conducen a un flujo unidireccional de energía procedente del sol y que circula a través de organismos autótrofos y heterótrofos.



Figura 17 Tomado de: <http://cuadrocomparativo.org/cuadros-comparativos-entre-ecosistemas-terrestres-y-acuaticos/>

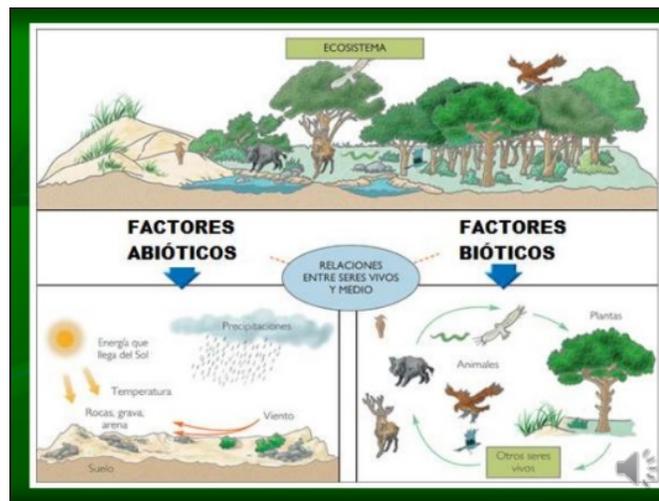
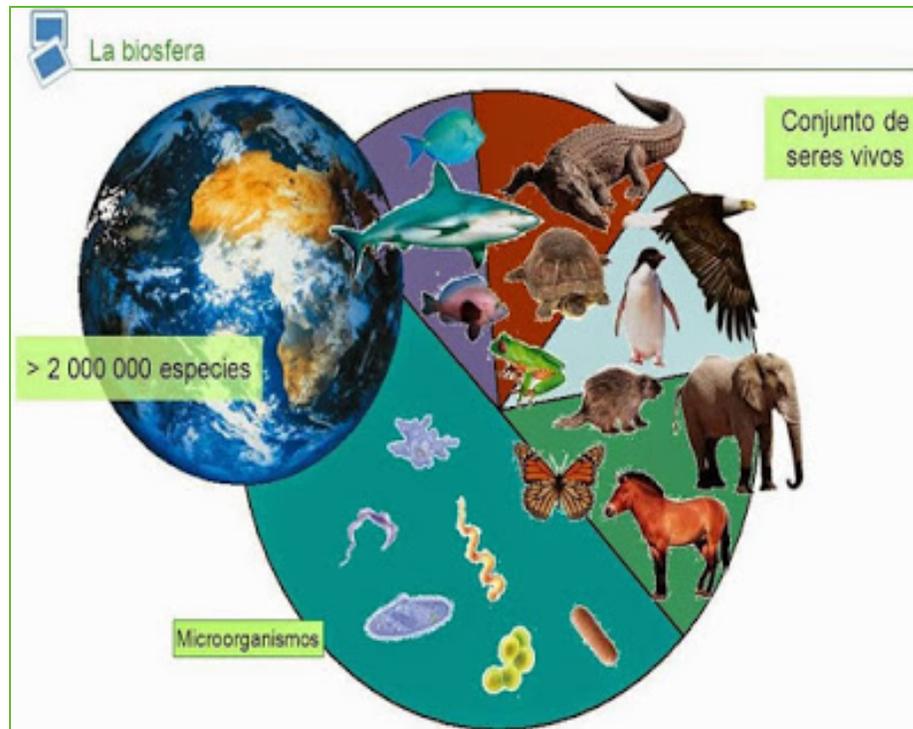


Figura 18. Tomado de: <https://www.pinterest.es/explore/ecosistema-y-sus-componentes/>



**Figura 19.** Tomado de: [http://hectorfuentesjimenez1998.blogspot.mx/2015/05/ecologia-el-termino-ecologia-fue\\_28.html](http://hectorfuentesjimenez1998.blogspot.mx/2015/05/ecologia-el-termino-ecologia-fue_28.html)

### La biosfera.

Constituye el último nivel de organización de la materia viva y comprende a todas las comunidades de la Tierra en interacción unas con otras como manifestación máxima del equilibrio de la naturaleza.

Se extiende hasta unos 8 a 10 km por encima del nivel del mar y un espesor comparable hacia abajo, en el suelo, hasta donde penetran y se pueden encontrar microorganismos. Incluye también las aguas superficiales y las profundidades marinas, que alcanzan unos 10 km. La biosfera es muy heterogénea y forma manchas, que difieren entre sí tanto en el espesor habitado como por la densidad de vida. Es resultado de la **evolución** y contiene a todos los niveles anteriores organizados en sistemas de complejidad creciente y gradual, de cuya interacción depende, en definitiva la existencia y conservación de la vida.

### Bibliografía

Audesirk, T. y Audesirk, G., (2008), *Biología, Ciencia y naturaleza*, México, Prentice-Hall.  
Curtis, H. y Barnes, N., (2001), *Invitación a la Biología*, España, Editorial Médica Panamericana.

### Concepto de especie

Recuperado de: <http://www.curtisbiologia.com/glossary/term/383>

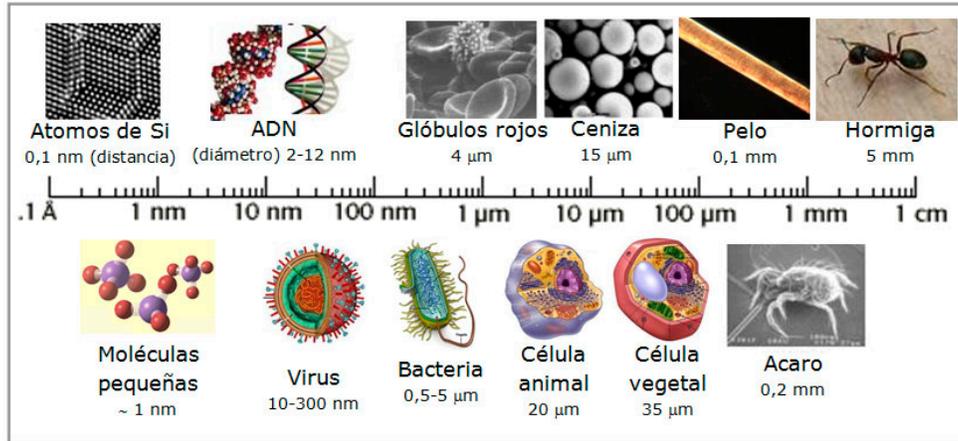
### Niveles de organización

Recuperado de: <https://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia2/unidad2/estructuraEcosistema/nivelesOrganizacion>

## Actividades de aprendizaje

**Instrucción.** Contesta las siguientes preguntas.

1. Revisa la siguiente figura y describe brevemente en las líneas lo que observas.



**Figura 20.** Tomado de: <http://mariadoloresgago.blogia.com/2013/100201-unidades-de-microscopia.php>

---

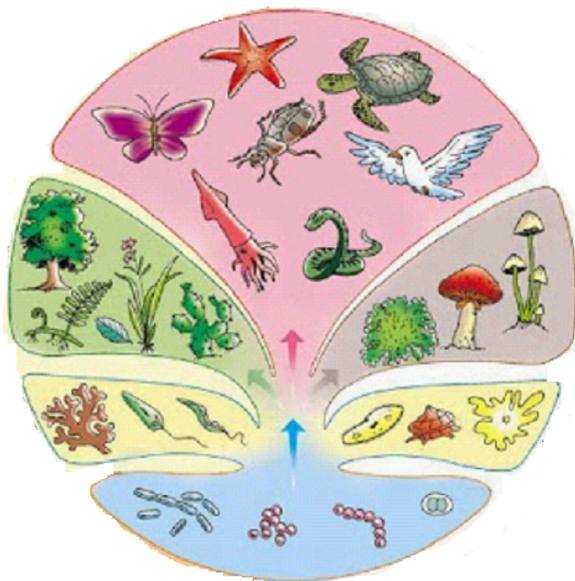


---



---

Anota en las siguientes líneas ¿qué tienen en común las siguientes imágenes? ¿En qué se diferencian?




---



---



---



---



---



---



---

Tomado de: <http://cincoreinosdelanaturaleza.blogspot.mx/>

## Autoevaluación

**Instrucción.** Después de revisar la información anterior, relaciona la columna de la derecha con la de la izquierda correctamente.

- |  |     |                               |
|--|-----|-------------------------------|
| 1. Este nivel se refiere a la interacción de factores bióticos y abióticos.  | ( ) | Célula procariota y eucariota |
| 2. Es un conjunto de organismos de la misma especie que se relacionan entre sí, que viven en un lugar determinado y en un momento dado.                        | ( ) | Biosfera                      |
| 3. Organismos con características similares que pueden reproducirse entre sí y tener descendencia fértil.  | ( ) | Subatómico                    |
| 4. <b>Nivel que nombra al grupo que forman los órganos de un ser vivo, incluyendo sus interrelaciones y las leyes naturales que regulan su funcionamiento.</b> | ( ) | Comunidad                     |
| 5. Nivel formado por partículas sub-atómicas como los neutrones, los protones y los electrones.  | ( ) | Organismo Pluricelular        |
| 6. Células que conforman a los seres vivos.  | ( ) | Átomo                         |
| 7. Son asociaciones de poblaciones diferentes que interactúan entre sí y ocupan una zona determinada, en un momento dado.                                      | ( ) | Población                     |
| 8. Es la capa de la tierra donde se desarrolla la vida   | ( ) | Organismo unicelular          |
| 9. Incluye a las moléculas que están formadas por la asociación de átomos que interactúan entre sí mediante enlaces e interacciones químicas.                  | ( ) | Especie                       |
| 10. este nivel es el más simple de todo y está formado por electrones, protones y neutrones.   | ( ) | Organismo                     |
| 11. Nivel formado por la unión de varias células   | ( ) | Molecular                     |
| 12. Nivel que incluye bacterias, los protistas y algunos hongos como las levaduras,  | ( ) | Ecosistema                    |

Respuestas:

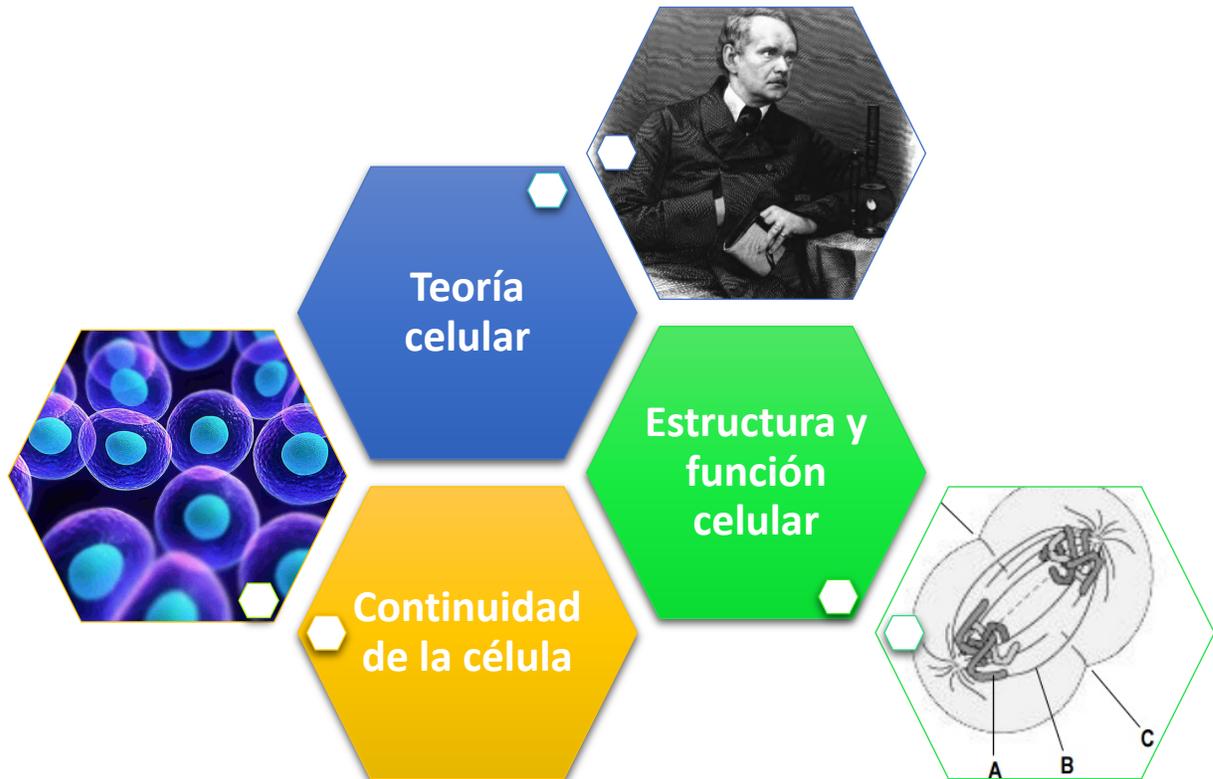
1(6), 2(8), 3(10), 4(7), 5(11), 6(5), 7(2), 8(12), 9(3), 10(4), 11(9), 12(1).

## *Unidad 2*

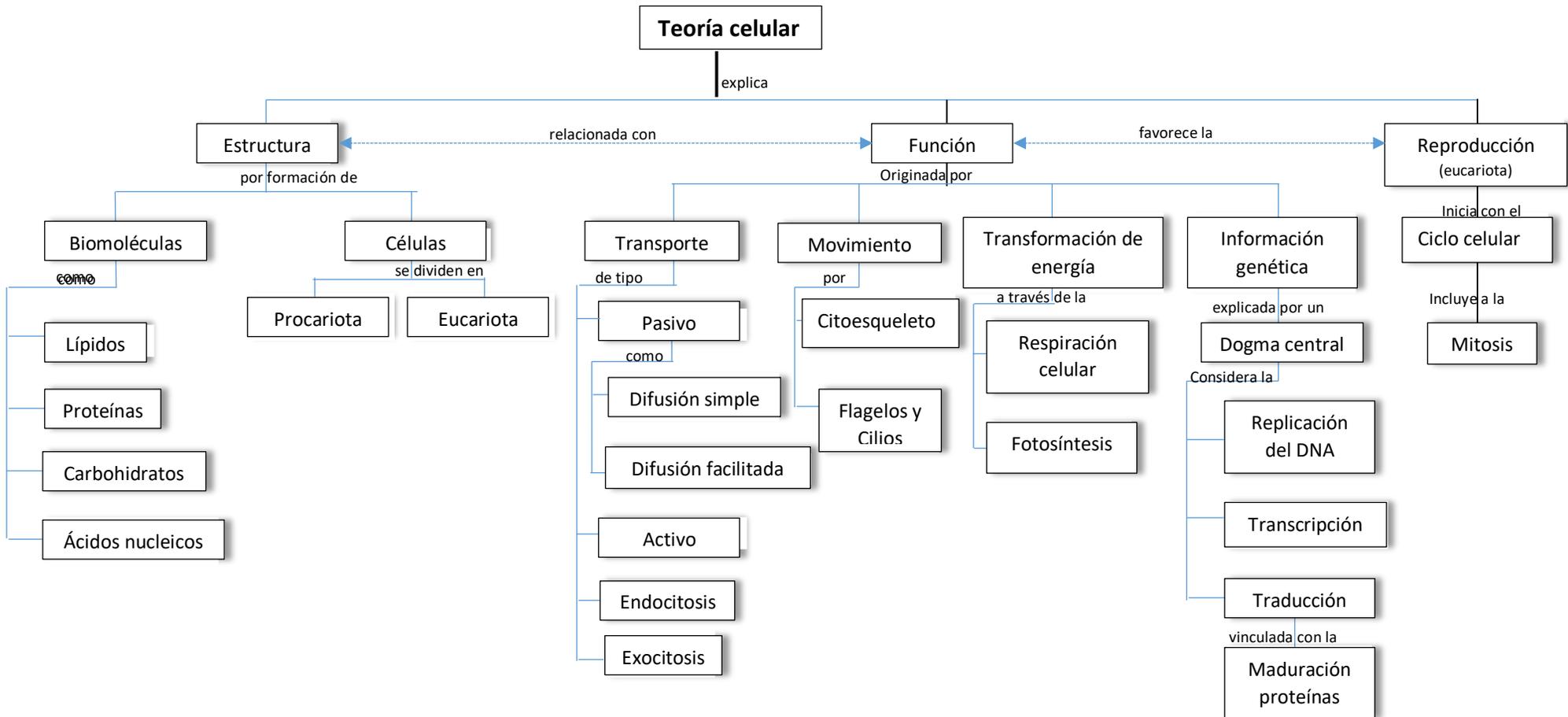
# *¿Cuál es la unidad estructural y funcional de los sistemas vivos?*

### **Propósito:**

Identificará las estructuras y componentes celulares a través del análisis de la teoría celular para que reconozca a la célula como la unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos.



**Organizador gráfico con los conceptos clave de la Unidad 2**  
**¿Cuál es la unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos?**



Aprendizaje. Reconoce que la formulación de la Teoría celular es producto de un proceso de investigación científica y del desarrollo de la microscopía.

Tema 1. Estructura y función celular

Subtema. Construcción de la teoría celular, sus principales aportaciones y postulados.

## Teoría celular

Hernández Flores Rosalba

Existen teorías en diversos campos de la biología, de las cuales la teoría celular comprende, la visión clara de lo que constituye a los sistemas biológicos. También permite comprender que hay de común entre organismos como bacterias y el ser humano.

La teoría celular establece que las células son la unidad morfológica y funcional de todos los seres vivos. Sin embargo hace más de 200 años no se pensaba así, los hombres de otras épocas tenían representaciones muy diferentes de las actuales, esto destaca la importancia que tuvo el planteamiento de la Teoría Celular para la comprensión de los procesos biológicos.

En la inmensa mayoría de los casos, la célula no es observable a simple vista y por tanto es necesario utilizar sistemas de amplificación para el estudio de su estructura. Es por ello, que el desarrollo de la biología ha estado históricamente unido a la fabricación de nuevos aparatos de amplificación y técnicas de microscopía.

### I. Investigación científica y del desarrollo de la microscopía en Europa.

Los griegos ya utilizaban ampollas de cristal llenas de agua para la observación de plantas y animales y tejidos de enfermos.

En la edad media siglos XIII al XV, no hubo avances en la ciencia. El Renacimiento restaura el interés por el estudio del origen, composición y desarrollo de animales y plantas. En el siglo XVI en 1590 los hermanos Jansen, Hans y Zacharias construyen el primer modelo comercial de microscopio compuesto.

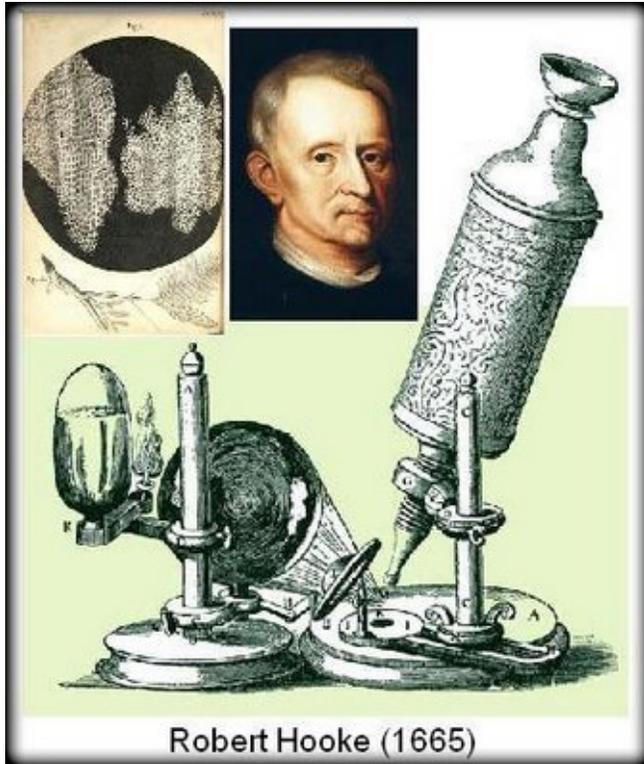


Las células fueron vistas y descritas por primera vez a mediados del siglo, XVII. Antón van Leeuwenhoek (1632- 1723), naturalista holandés investigó los más variados objetos con ayuda de unos cristales de aumento que él mismo construyó y describió diferentes tipos de células como el espermatozoide, bacterias y protozoarios (Figura 1). Leeuwenhoek descubre el fascinante mundo

microscópico.

**Figura 1** Microscopio fabricado por Antón van Leeuwenhoek.

Tomado de: <https://www.google.com.mx/search?q=microscopios+de+anton+van+leeuwenhoek&espy>



**Figura 2.** Esquema que representa el microscopio fabricado por Roberto Hooke. Tomado de: [https://www.google.com.mx/search?q=robert+hooke&espv=2&biw=1280&bih=617&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwicrduDqXSAhXnwVQKHyeBzMQ\\_AUI](https://www.google.com.mx/search?q=robert+hooke&espv=2&biw=1280&bih=617&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwicrduDqXSAhXnwVQKHyeBzMQ_AUI).

La palabra célula que significa celda pequeña y fue usada primeramente en sentido biológico hace 300 años. En el siglo XVII, 1665, el científico inglés Robert Hooke, se fijó que el corcho y otros tejidos vegetales estaban formados por cavidades pequeñas separadas por paredes. A estas cavidades las llamo células. Sin embargo el término de célula no tuvo su significado actual -la unidad fundamental de los seres vivos,- más de 150 años después (Figura 2).

En el siglo XVIII, estas observaciones botánicas eran muy bien conocidas; sin embargo, eran objeto de poca reflexión seria. La microscopia animal se enfrentaba a problemas serios, ya que los tejidos animales eran más difíciles de manipular y observar.

A partir de 1800 se volvió a despertar el interés en la anatomía microscópica. A finales de la década de 1830, Theodor Schwann (1810-1882) y Matthias Schleiden (1804-1881), anunciaron la teoría celular. Ambos investigadores el primero zoólogo y el segundo

botánico, pudieron establecer una de las más grandes generalizaciones de la biología: **las células son la unidad estructural básica de todos los organismos.**

- A. Las investigaciones continuaron y en 1831 Roberto Brown, al estudiar células de orquídeas describió por primera vez el núcleo.

En 1835 Purkinje llamo protoplasma al fluido gelatinoso que contienen las células. Rudolph Virchow (1821-1902) propuso otro de los postulados de la teoría celular en 1855, **toda célula proviene de otra preexistente.** En 1881 Schimper y Meyer descubrieron los plastos en las células vegetales.

La teoría celular propició el desarrollo de la investigación biológica, permitiendo la profundización del conocimiento sobre la organización, diferenciación y desarrollo de los organismos a partir del estudio de su unidad fundamental: la célula.

En la actualidad, la teoría celular sostiene cuatro proposiciones fundamentales:

1. Todos los organismos están compuestos por células.

2. En ellas se tienen lugar reacciones metabólicas del organismo.
3. Las células provienen de otras células preexistentes.
4. Las células contiene el material hereditario.

A finales del siglo XIX debido a la carencia de técnicas de fijación, corte y tinción y el poco poder resolutivo de los microscopios, las observaciones celulares fueron intensas pero bastante incompletas.

Los microscopios ópticos pueden aumentar las imágenes de los objetos sólo hasta unas 1000 veces sin distorsionar la imagen. El aumento es uno de los factores importantes en microscopía, pero también es importante el poder de resolución, una medida de la claridad de la imagen. El poder de resolución es la habilidad de un instrumento óptico de mostrar dos objetos como separados (Figura 3).



Figura 3. Microscopio óptico compacto.

**Figura 3.** Fotografía de un microscopio óptico. Tomado de: <https://www.google.com.mx/search?q=microscopio+optico&espv=2&source=>

Los microscopios ópticos son los más utilizados en el aula-laboratorio del CCH, además de estos, los microscopios estereoscópicos o de disección son de gran ayuda, para que los alumnos reconozcan las características de los sistemas vivos.

Nuestro conocimiento de la estructura celular dio un salto gigantesco cuando los biólogos comenzaron a utilizar el microscopio electrónico hacia 1950. Algunos microscopios electrónicos alcanzan ampliaciones de unas 100,000 veces. El microscopio electrónico de barrido se utiliza para estudiar el detalle de las superficies celulares (Figura 4).<sup>3</sup>

Al mejorar los instrumentos de amplificación se intensificó el estudio de las partes de las que están constituidas las células los llamados organelos celulares.



Figura 4. Microscopio electrónico de transmisión

Tomado de: <https://www.google.com.mx/search?q=microscopios+electronicos&espv=2&biw=1280&bih>

Los microscopios electrónicos ciertamente han revolucionado el estudio de la célula y sus organelos. Pero no han remplazado al microscopio óptico ya que los microscopios electrónicos no pueden ser usados con especímenes vivos.

## Bibliografía

- Campbell, N., M. Lawrence M. y J. Reece, (2001), *Biología. Conceptos y Relaciones*, México Pearson Educación.
- Curtis, H., *et al.*, (2007), *Invitación a la biología*, Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana.
- Jiménez, L., *et al.*, (2006), *Conocimientos fundamentales de biología*, México, Pearson Educación.

## *Actividades de aprendizaje*

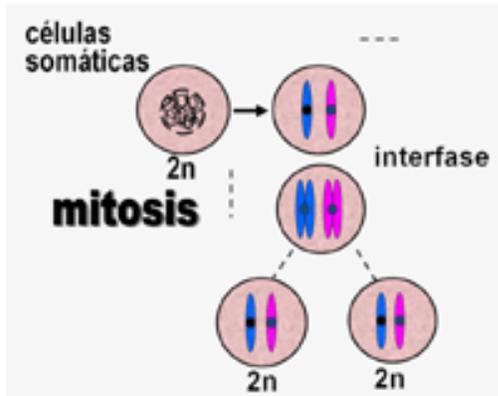
1. Completa la siguiente tabla con las aportaciones de los siguientes científicos.

Científicos	Sus aportaciones fueron las siguientes
Schleiden y Swann	
Rudolph Virchow	
Leeuwenhoeck	
Robert Hooke	
Schimper y Meyer	
Purkinje	
Roberto Brown	

2. Indica a que postulado se refieren las siguientes imágenes y explica por qué consideras que puede explicar el postulado.

- ✓ Todos los sistemas vivos formados por células.
- ✓ Las células provienen de otras.
- ✓ La célula es la unidad estructural y funcional de los sistemas vivos.

A.

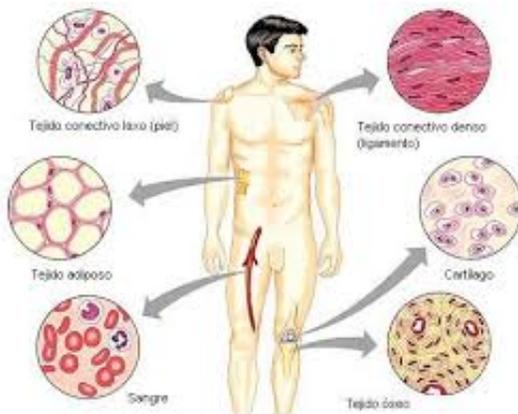


Postulado:

Explicación:

[https://www.google.com.mx/search?q=mitosis&espv=2&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi5I5LcienSAhWD8YMKHc5sCQQQ\\_AUIBigB&biw=1280&bih=568#imgrc=vef7JEHue](https://www.google.com.mx/search?q=mitosis&espv=2&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi5I5LcienSAhWD8YMKHc5sCQQQ_AUIBigB&biw=1280&bih=568#imgrc=vef7JEHue)

B.



Postulado:

Explicación:

[https://www.google.com.mx/search?q=tejidos+de+plantas+y+animales&espv=2&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjgnvHGjenSAhUj9IMKHRqzAdAQ\\_AUIBigB&biw=1280&bih=568#](https://www.google.com.mx/search?q=tejidos+de+plantas+y+animales&espv=2&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjgnvHGjenSAhUj9IMKHRqzAdAQ_AUIBigB&biw=1280&bih=568#)

C.



Postulado:

Explicación:

<https://www.google.com.mx/search?q=todos+los+seres+vivos+están+formados+por+células+por+células&espv=2&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi79uuAkOnSAhUr0YMK>

3. Menciona 2 diferencias entre el microscopio óptico o compuesto y el electrónico.

## *Autoevaluación*

**Instrucción.** Lee los siguientes enunciados y coloca en el paréntesis la letra correspondiente.

1. La Teoría Celular fue planteada por: .....( )  
A) Purkinje y Watson  
B) Schleiden , Schwann y Virchow  
C) Watson, Crick y Hooke  
D) Hooke y Leeuwenhoek
2. La Teoría celular sostiene que: ..... ( )  
A) Los seres vivos son el producto del proceso de evolución orgánica.  
B) Los seres vivos se organizan de manera jerárquica.  
C) Los virus están constituidos por células  
D) La célula es la unidad morfológica, funcional, reproductiva.
3. El postulado propuesto por Rudolf Virchow en la teoría celular sugiere que la: .....( )  
A) continuidad de generaciones celulares existe en los seres vivos  
B) teoría celular es aplicable a todos los seres vivos  
C) célula representa a la unidad fisiológica de todos los seres vivos  
D) célula es la unidad anatómica de la materia viva
4. Establece el término de célula.....( )  
A) Purkinje  
B) Leeuwenhoek

- C) Roberto Hooke  
D) Carlos Darwin
5. Los planteamientos centrales de la teoría celular son:.....( )  
A) Todos los organismos están compuestos por células.  
B) En las células tienen lugar las reacciones metabólicas del organismo.  
C) Las células provienen de otras células preexistentes.  
D) Todas las anteriores.
6. Su invención permitió la exploración de un mundo inaccesible para el ojo humano y el planteamiento de la teoría celular.....( )  
A) Telescopio  
B) Microtomo  
C) Microscopio  
D) Lentes
7. Alcanzan ampliaciones de unas 100,000 veces, pero no permite la observación de ejemplares vivos. ....( )  
A) Microscopio electrónico  
B) Microscopio estereoscópico  
C) Microscopio óptico.  
D) Telescopio
8. Descubre el fascinante mundo microscópico.....( )  
A) Schimper  
B) Leeuwenhoek  
C) Roberto Hooke  
D) Purkinje
9. Descubren los plastos: .....( )  
A) Roberto Brown y Schimper  
B) Purkinje y Leeuwenhoek  
C) Schimper y Meyer  
D) Roberto Hooke y Meyer
10. Descubre el núcleo: .....( )  
A. Purkinje  
B. Schimper  
C. Leeuwenhoek  
D. Roberto Brown

Respuestas.

1(B), 2(D), 3(A), 4(C), 5(D), 6(C), 7(A), 8(B), 9(C), 10(D)

Aprendizaje. Identifica a las biomoléculas como componentes químicos de la célula.

Tema 2. Estructura y función celular

Subtema 1. Moléculas presentes en las células: carbohidratos o glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.

*Moléculas presentes en las células:  
carbohidratos o glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos*

*Contreras Sánchez Martha*

Las biomoléculas son otro principio unificador de la vida en el sentido de que todos los organismos elaboran moléculas especializadas, que les permiten realizar todas las reacciones químicas relacionadas con la vida. Estas biomoléculas, se clasifican en cuatro grupos de acuerdo con su estructura química y presentan una función específica. Dichos grupos y sus funciones se mencionan a continuación:

- a) Carbohidratos: estructura y energía
- b) Lípidos: almacenamiento de energía
- c) Proteínas: funcionamiento celular
- d) Ácidos nucleicos: reproducción y codificación de proteínas

En estas biomoléculas el carbono forma su “esqueleto” molecular debido a su gran potencial de variabilidad estructural. A continuación, se detallará sobre cada una de estas biomoléculas.

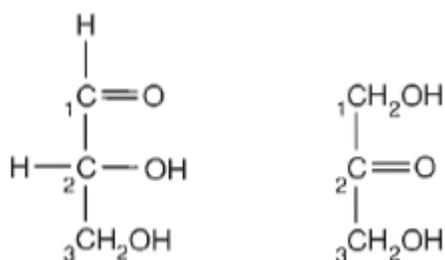
### **I. Carbohidratos o glúcidos**

Los carbohidratos no son sólo una fuente importante de producción rápida de energía en las células, sino que son también las estructuras fundamentales de las células y componentes de numerosas rutas metabólicas. En la actualidad se reconoce que los polímeros de azúcares unidos a proteínas y a lípidos son un sistema de codificación de alta densidad. Los carbohidratos, las biomoléculas más abundantes de la naturaleza, son un vínculo directo entre la energía solar y la energía de los enlaces químicos de los seres vivos. (Más de la mitad de todo el carbono "orgánico" se encuentra en los carbohidratos.) La mayoría de los carbohidratos contienen carbono, hidrógeno y oxígeno en una proporción  $(CH_2O)_n$ , de aquí su nombre. Se han adaptado a una amplia diversidad de funciones biológicas, como fuentes de energía (p. ej., la glucosa), como elementos estructurales (ejemplo, la celulosa y la quitina en los vegetales y en los insectos, respectivamente) y como precursores de la producción de otras biomoléculas (ejemplo, los aminoácidos, los lípidos, las purinas y las pirimidinas).

Estas moléculas tienen una fórmula condensada  $C_nH_{2n}O_n$ , en donde  $n$  es el número de Carbonos, por ejemplo en la glucosa  $n=6$ , por tanto su fórmula molecular es:  $C_6H_{12}O_6$ . Se pueden encontrar en forma lineal o bien cíclica. Presentan en su estructura molecular grupos aldehídos o cetónicos, además de contener varios grupos hidroxilo (OH), todos ellos generan cargas parciales en la molécula, lo que facilita la formación de puentes de hidrógeno con el solvente que los contiene si este es polar como el agua, de ahí que los monosacáridos sean

muy solubles en solventes polares. Algunas moléculas de estos glúcidos como es el caso de la ribosa y desoxirribosa son elementos estructurales de los nucleótidos y de los ácidos nucleicos, moléculas importantes para la formación del material genético.

Los carbohidratos se clasifican en monosacáridos, disacáridos y polisacáridos, según el número de unidades de azúcares sencillos que contengan. Los carbohidratos también son parte integral de otras biomoléculas, pueden formar un grupo extenso de *glucoconjugados* (moléculas proteínicas y lipídicas con grupos de carbohidratos ligados de forma covalente) y están repartidos entre todas las especies y de manera más notoria, entre los organismos eucariotas. Los monosacáridos o azúcares sencillos son aldehídos o cetonas polihidroxilados, las aldosas y las cetosas más sencillas son, respectivamente, el gliceraldehído y la dihidroxiacetona.



Gliceraldehído      Dihidroxiacetona  
(Una Aldotriosa)      (Una cetotriosa)

Los monosacáridos se clasifican también según el número de átomos de carbono que contienen, como lo muestra la siguiente tabla.

PRINCIPALES MONOSACÁRIDOS	TIPO	FUNCIÓN
Gliceraldehído Dihidroxiacetona	Aldotriosa Cetotriosa	Intermediarios en la glucólisis
Eritrosa y eritruosa	Tetrosas	Intermediarios en el ciclo de Calvin
Ribosa y desoxirribosa	Aldopentosas	Constituyentes de los Ác. Nucléicos
Ribulosa	Cetopentosa	Aceptor del CO <sub>2</sub> en la fotosíntesis
Glucosa	Aldohexosa	Molécula energética por excelencia

### Reacciones de los monosacáridos

Los grupos carbonilo e hidroxilo de los azúcares pueden experimentar varias reacciones químicas, entre las más importantes están la oxidación, la reducción, la isomerización, la esterificación, la formación de glucósidos y la glucosilación.

**Oxidación:** En presencia de agentes oxidantes, de iones metálicos como el  $\text{Cu}^{2+}$  y de determinadas enzimas, los monosacáridos se oxidan con facilidad. La oxidación de un grupo aldehído origina un ácido aldónico, mientras que la oxidación de un grupo terminal  $\text{CH}^2\text{OH}$  (pero no del grupo aldehído) da lugar a un ácido urónico. La oxidación del aldehído y del  $\text{CH}^2\text{OH}$  produce un ácido aldárico, todos los monosacáridos son azúcares reductores.

**Reducción:** La reducción de los grupos aldehído y cetona de los monosacáridos producen los alcoholes azúcares (alditales). Por ejemplo, el sorbitol mejora el periodo de conservación de los dulces debido a que ayuda a evitar la pérdida de humedad. La adición de jarabe de sorbitol a las frutas edulcoradas de forma artificial envasadas en latas reduce el regusto desagradable del edulcorante artificial sacarina. Una vez consumido, el sorbitol se convierte en fructosa en el hígado.

**Isomerización** Los monosacáridos experimentan varios tipos de isomerizaciones. Por ejemplo, tras varias horas una solución alcalina de  $\alpha$ -glucosa también contiene D-manosa y D-fructosa. Ambas isomerizaciones implican un desplazamiento intramolecular de un átomo de hidrógeno y una nueva ubicación de un doble enlace.

### I.1 Monosacáridos importantes

Entre los monosacáridos más importantes de los sistemas vivos se encuentran la glucosa, fructosa y la galactosa. Se describen de forma breve las principales funciones de estas moléculas.

**Glucosa** La D-glucosa, que al principio se denominó dextrosa, se encuentra en cantidades importantes en todo el mundo vivo. Es el principal combustible de las células. En los animales, la glucosa es la fuente de energía preferida de las células cerebrales y de las células que tienen pocas mitocondrias o que carecen de ellas, como los eritrocitos. Las células que tienen un aporte limitado de oxígeno, como las del globo ocular, utilizan también grandes cantidades de glucosa para generar energía. Las fuentes alimentarias son el almidón de las plantas y los disacáridos lactosa, maltosa y sacarosa.

**Fructosa** La D-fructosa, originalmente denominada levulosa, suele llamarse azúcar de la fruta por su contenido elevado en los frutos. Se encuentra también en algunos vegetales y en la miel. Esta molécula es un miembro importante de la familia de azúcares cetosas. Por gramo, la fructosa es dos veces más dulce que la sacarosa. Por lo tanto, puede utilizarse en cantidades menores. Por esta razón, la fructosa se utiliza a menudo como agente edulcorante en los productos alimenticios procesados. Se utilizan cantidades importantes de fructosa en el sistema reproductor

**Galactosa:** Es necesaria para sintetizar diversas biomoléculas entre las que se encuentran la lactosa (en las glándulas mamarias lactantes) los glucolípidos y determinados fosfolípidos, proteoglucanos y glucoproteínas.

## I. 2 Disacáridos

Se forman por la unión de dos monosacáridos, creándose el enlace O-Glucosídico,  $\alpha$  ó  $\beta$ , y de tipo monocarbonílico (unión entre el carbono anomérico del primer monosacárido y otro no anomérico del segundo; en este caso se conserva el poder reductor:  $G + G \rightarrow$  Maltosa ;  $Gal + G \rightarrow$  Lactosa), ó dicarbonílico (unión de los dos carbonos anoméricos de ambos monosacáridos, con lo que se pierde el poder reductor:  $G + F \rightarrow$  Sacarosa). Los disacáridos suelen tener función energética, hidrolizándose para obtener sus monosacáridos constituyentes.

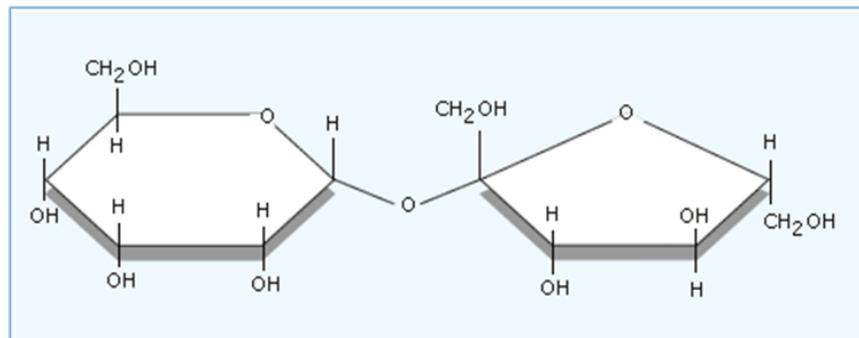


Figura: Estructura del disacárido sacarosa

## I.3 Polisacáridos

Se forman por la unión de miles de unidades de monosacáridos (principalmente glucosas), estableciendo enlaces glucosídicos entre ellos, y perdiendo en este proceso el poder reductor, la solubilidad (forman dispersiones coloidales), la cristalización, y el sabor dulce. Si los enlaces son del tipo  $\alpha$ , el polisacárido tendrá función de reserva energética: almidón (formado por amilosa, lineal, y amilopectina, ramificada) en las células vegetales, y glucógeno (molécula helicoidal y parecida a la amilopectina del almidón, pero más ramificada) en los animales. Si el enlace es de tipo  $\beta$ , el polisacárido tendrá función estructural: celulosa (estructura lineal y sin ramificar) de la pared celular de los vegetales, quitina formando exosqueletos de artrópodos y la pared celular de los hongos.

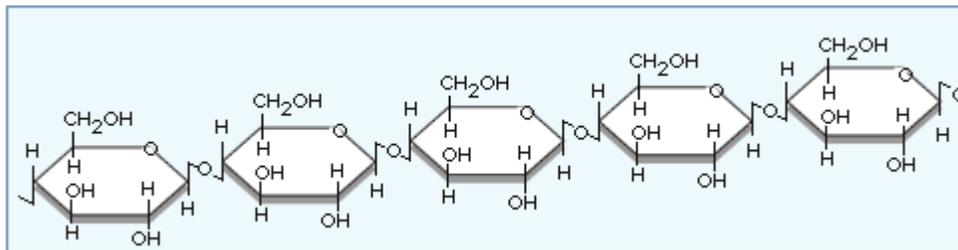


Figura: El polisacárido celulosa está formado por miles de glucosas unidas por enlaces  $\beta$ -glucosídicos. Por ello tiene función estructural

## II. Lípidos

Se encuentran formados por C, H y O, se caracterizan por ser insolubles en agua y solubles en solventes orgánicos como el éter, el benceno o la acetona. Cumplen numerosas funciones en el organismo como materiales de reserva energética, como materiales estructurales (membranas celulares), o como moléculas dinámicas (vitaminas liposolubles, ciertas hormonas, etc.).

### Clasificación de los lípidos

Una forma de clasificar los lípidos es basándose en su comportamiento frente a la reacción de hidrólisis en medio alcalino (**saponificación**). Los lípidos saponificables son los que se hidrolizan en medio alcalino produciendo jabones, ácidos grasos, que están presentes en su estructura; en este grupo se incluyen las ceras, los triacilglicéridos, los fosfoglicéridos y los esfingolípidos. Los lípidos no saponificables son los que no experimentan esta reacción (terpenos, esteroides y prostaglandinas, en este último grupo también estarían incluidos los ácidos grasos).

Además de los anteriores, existen lípidos **anfipáticos** en cuya molécula existe una región polar opuesta a otra apolar. Estos lípidos forman las bicapas lipídicas de las membranas celulares y estabilizan las emulsiones (líquido disperso en un líquido).

### II. 1 Ácidos grasos

Los ácidos grasos de importancia biológica, son ácidos monocarboxílicos de cadenas alifáticas de diverso tamaño y que pueden contener o no insaturaciones, estas insaturaciones (líquidos a temperatura ambiente), son isómeros geométricos **cis** que pueden ser monoinsaturados, ej. Ácido oleíco (ácido 9-octadecenoíco)  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$  o poliinsaturados, ej. Ácido araquidónico (ácido 5,8,11,14-icosatetraenoíco)  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$  (Figura 1).

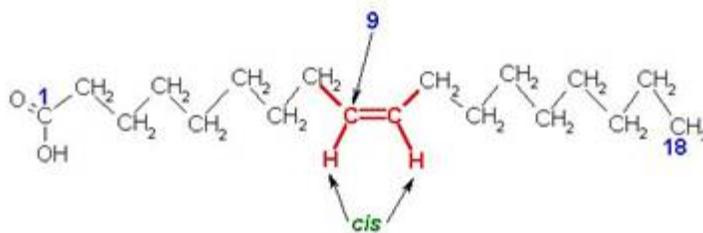


Figura 1. Estructura del oleico.

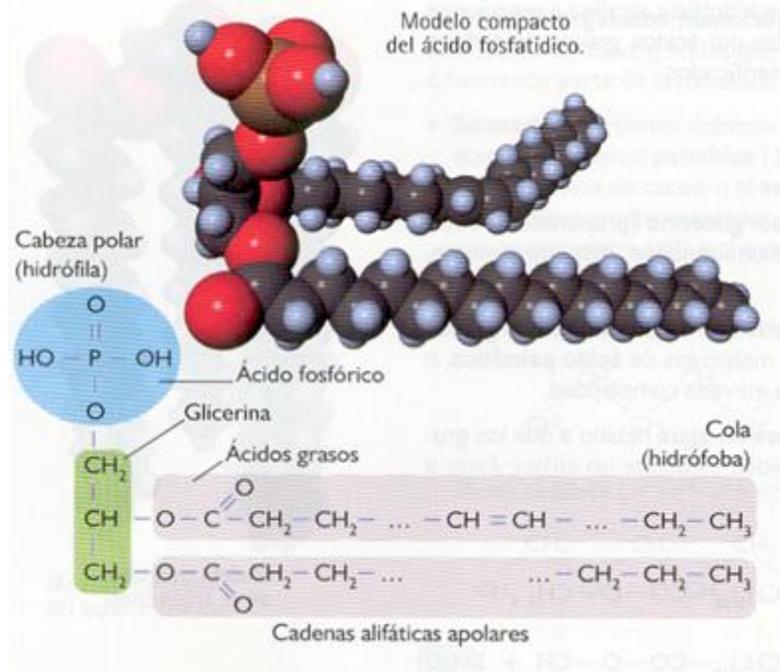
Los ácidos grasos poliinsaturados, desde el punto de vista nutricional se consideran como *esenciales* pues no son sintetizados por los mamíferos; fisiológicamente, se encuentran formando sales o jabones (formando micelas). Los ácidos grasos de cadena larga, insolubles en agua, forman ésteres con alcoholes y tioésteres con la coenzima A. Los compuestos de importancia biológica como las prostaglandinas, tromboxanos y leucotrienos, son derivados de ácidos grasos poliinsaturados de 20 carbonos como el ácido araquidónico.

## II. 2 Fosfolípidos

Los fosfolípidos son lípidos saponificables que también denominan fosfoglicéridos y son los principales componentes de las membranas biológicas.

Químicamente están constituidos por glicerina esterificada en el carbono 3 con un grupo fosfato (glicerol-3-fosfato) y en los carbonos 1 y 2 por ácidos grasos. Generalmente, el ácido graso que esterifica en el C1 es saturado, mientras que el que lo hace en el C2 es insaturado. El grupo fosfato está unido mediante enlace éster a un, sustituyente polar que puede ser aminoalcohol o polialcohol.

Los fosfolípidos son moléculas anfipáticas: poseen región polar hidrofílica constituida por el grupo fosfato y los sustituyentes polares que se unen a él, y otra región apolar hidrofóbica formada por los ácidos grasos que esterifican la glicerina. El carácter anfipático de los fosfolípidos los hace especialmente idóneos para formar parte de la estructura de las membranas celulares.



Los fosfolípidos, cuando se encuentran en un medio acuoso, se asocian formando varios tipos de estructuras. En ellas, los grupos hidrófilos se orientan hacia las moléculas de agua e interaccionan con ella mediante enlaces de hidrógeno, y los hidrófobos se alejan interaccionando entre sí mediante fuerzas de Van der Waals y ocultándose dentro de la estructura. Esto explica que, al igual que muchos otros lípidos, los fosfoglicéridos formen bicapas y micelas, que son estructuras básicas en las membranas biológicas.

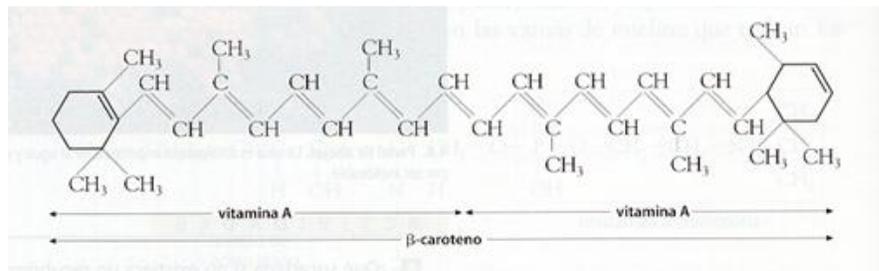
En las bicapas, las cadenas hidrofóbicas se orientan hacia el interior, mientras que las cabezas polares están en contacto con el medio acuoso existente a cada lado de la bicapa. Son estructuras que separan dos medios acuosos. Los fosfolípidos también forman monocapas en las interfaces aire-agua, exponiendo las cadenas alifáticas hacia el aire e interaccionando las cabezas polares con el agua.

## II. 3 Carotenoides y esteroides: propiedades y funciones

### Carotenoides.

Dentro de los lípidos insaponificables hay un grupo que son los terpenos que son polímeros de la molécula de isopreno, por lo que también se llaman isoprenoides, y según el número de isoprenos que componen el terpeno se clasifican en monoterpenos, diterpenos, triterpenos, tetraterpenos y politerpenos. Dentro de los tetraterpenos, que están formados por ocho moléculas de isoprenos destacan un grupo denominado *carotenoides*, son pigmentos que participan en la fotosíntesis absorbiendo energía lumínica de longitudes de onda distintas a las que absorbe la clorofila. Entre los carotenoides más importantes se encuentran la xantofila,

el licopeno y el  $\beta$ -caroteno. Este último se considera también un precursor de la vitamina A, ya que la rotura de un enlace central del  $\beta$ -caroteno origina dos moléculas de esta vitamina.



## Esteroides

Son lípidos insaponificables por no contener ácidos grasos. Todos ellos contienen esta estructura fundamental con diversos grupos de des hidrogenación y distintas cadenas laterales y grupos funcionales sustituyentes.

Entre ellos destacan:

1.- *Hormonas suprarrenales* como la aldosterona, que aumenta la reabsorción del  $\text{Na}^+$ , el  $\text{Cl}^-$  y  $\text{HCO}_3^-$  en el riñón; y el cortisol, que regula la síntesis de glucógeno.

2.- *Hormonas sexuales*: como la progesterona, hormona que prepara al organismo para la gestación, y la testosterona, responsable de los caracteres sexuales secundarios en los machos de los vertebrados.

3.- *Esteroles*: Poseen un grupo  $-\text{OH}$  en el carbono 3 y una cadena hidrocarbonada en el carbono 17. Son ejemplos de esteroides:

El colesterol, componente de las membranas celulares de los animales, modifica la fluidez de las mismas. El grupo hidroxilo en posición  $\text{C}_3$  es el único sustituyente polar, por lo que la molécula de colesterol es muy hidrófoba. Se sintetiza a partir del ácido acético y es precursor de otros esteroides como los ácidos biliares y las hormonas sexuales. Los ácidos biliares emulsionan las grasas, facilitando la acción de la lipasa pancreática.

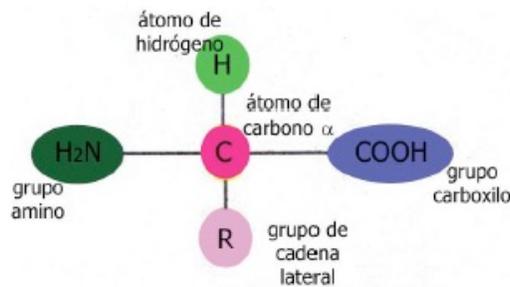
La vitamina D regula el metabolismo del Ca y del P. Puede obtenerse por irradiación ultravioleta del colesterol subcutáneo, por lo que comienza a considerarse como una hormona.

El estradiol es una hormona responsable de la aparición de los caracteres sexuales secundarios en las hembras de vertebrados.

Otros Esteroides semejantes al colesterol son los fitoesteroides, presentes en las células vegetales. En las levaduras y los hongos se encuentra el ergosterol, que puede originar la vitamina  $\text{D}_2$  por la incidencia de la luz ultravioleta. La mayoría de las bacterias, en cambio, no contienen esteroides.

### III. Proteínas

Las proteínas son biomoléculas formadas básicamente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Pueden además contener azufre y en algunos tipos de proteínas, fósforo, hierro, magnesio y cobre entre otros elementos. Pueden considerarse polímeros de unas pequeñas moléculas que reciben el nombre de aminoácidos y serían, por tanto, los monómeros. Los aminoácidos están unidos mediante enlaces peptídicos, su denominación responde a la composición química general que presentan en la que un grupo amino ( $-NH_2$ ) y otro carboxilo o ácido ( $-COOH$ ) se unen a un carbono  $\alpha$  ( $-C-$ ). Las otras dos valencias de ese carbono quedan saturadas con un átomo de hidrógeno ( $-H$ ) y con un grupo químico variable al que se denomina radical ( $-R$ ).



Estructura general de un aminoácido

La unión de un bajo número de aminoácidos da lugar a un péptido; si el número de aminoácidos que forma la molécula no es mayor de 10, se denomina oligopéptido, si es superior a 10 se llama polipéptido y si el número es superior a 50 aminoácidos se habla ya de proteína.

Por tanto, las proteínas son cadenas de aminoácidos que se pliegan adquiriendo una estructura tridimensional que les permite llevar a cabo miles de funciones. Las proteínas están codificadas en el material genético de cada organismo, donde se especifica su secuencia de aminoácidos, y luego son sintetizadas por los ribosomas. Las proteínas desempeñan un papel fundamental en los organismos siendo estas las biomoléculas más versátiles y más diversas a nivel fisiológico ya que desempeñan una enorme cantidad de funciones diferentes, entre ellas funciones estructurales, enzimáticas, transportadora entre otras.

Si bien en la naturaleza se dan más tipos de aminoácidos, los sistemas biológicos solo utilizan 20 de ellos para formar todas las proteínas de su organismo. Entonces, ¿cómo estos aminoácidos se combinan para dar origen a proteínas que desempeñan funciones tan diferentes? Las células tienen infinitas posibilidades de formar proteínas, lo que está establecido en la información hereditaria, que determina que los aminoácidos se puedan unir en distintas cantidades y secuencias, de una forma semejante a como sucede con las letras del abecedario, con las que se pueden construir una infinidad de palabras. La organización de los aminoácidos de las proteínas es determinante en su funcionalidad.

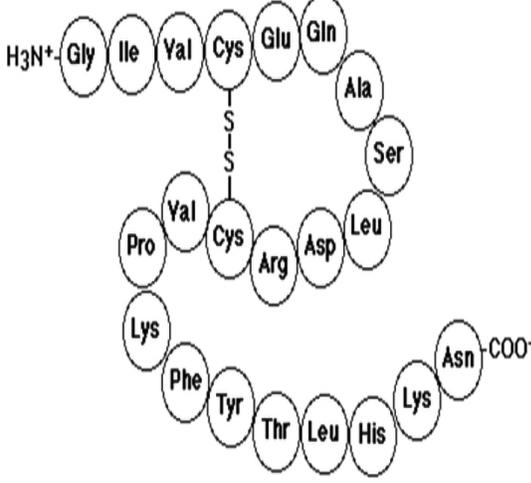
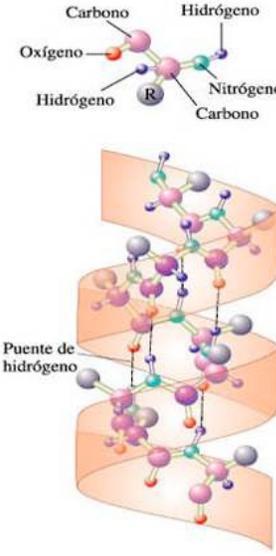
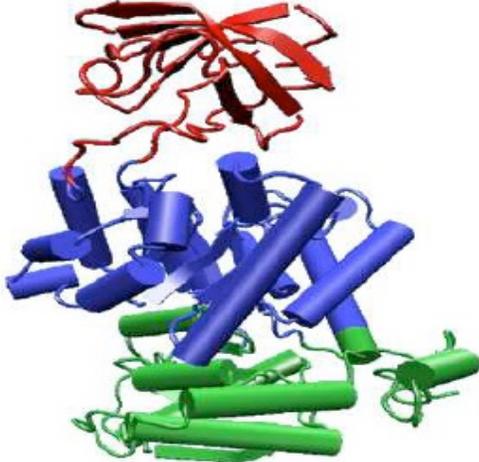
### III.1 Estructura de las proteínas

Todas las proteínas poseen una misma estructura química central, que consiste en una cadena lineal de aminoácidos. Lo que hace distinta a una proteína de otra es la secuencia de aminoácidos de que está hecha, a tal secuencia se conoce como estructura primaria de la proteína. La estructura primaria de una proteína es determinante en la función que cumplirá después, así las proteínas estructurales (como aquellas que forman los tendones y cartílagos) poseen mayor cantidad de aminoácidos rígidos y que establezcan enlaces químicos fuertes unos con otros para dar dureza a la estructura que forman.

Sin embargo, la secuencia lineal de aminoácidos puede adoptar múltiples conformaciones en el espacio que se forma mediante el plegamiento del polímero lineal. Tal plegamiento se desarrolla en parte espontáneamente, por la repulsión de los aminoácidos hidrófobos por el agua, la atracción de aminoácidos cargados y la formación de puentes disulfuro y también en parte es ayudado por otras proteínas. Así, la **estructura primaria** viene determinada por la secuencia de aminoácidos en la cadena proteica, es decir, el número de aminoácidos presentes y el orden en que están enlazados y la forma en que se pliega la cadena se analiza en términos de **estructura secundaria**.

Además las proteínas adoptan distintas posiciones en el espacio, por lo que se describe una tercera estructura. La **estructura terciaria**, por tanto, es el modo en que la cadena polipeptídica se pliega en el espacio, es decir, cómo se enrolla una determinada proteína. Así mismo, las proteínas no se componen, en su mayoría, de una única cadena de aminoácidos, sino que se suelen agrupar varias cadenas polipeptídicas (o monómeros) para formar proteínas multiméricas mayores. A esto se llama **estructura cuaternaria** de las proteínas, a la agrupación de varias cadenas de aminoácidos (o polipéptidos) en complejos macromoleculares mayores. Por tanto, podemos distinguir cuatro niveles de estructuración en las proteínas:

1. Estructura primaria
2. Estructura secundaria
3. Estructura terciaria
4. Estructura cuaternaria

Estructuración de las proteínas	
 <p><b>E. PRIMARIA</b></p>	 <p><b>E. SECUNDARIA</b></p>
 <p><b>E. Terciaria</b></p>	 <p><b>E. CUATERNARIA</b></p>

Las proteínas se pueden clasificar atendiendo a diversos criterios: su composición química, su estructura y sensibilidad, su solubilidad, una clasificación que engloba dichos criterios es:

PROTEÍNA	COMPOSICIÓN	FUNCIONES	
<b>Holoproteínas</b> o <b>proteínas simples</b>	Proteínas formadas únicamente por aminoácidos. Pueden ser <b>globulares</b> o <b>fibrosas</b> .	<p><b>Fibrosas</b></p> <p>Presentan cadenas polipeptídicas largas y una estructura secundaria atípica. Son insolubles en agua y en disoluciones acuosas. Colágenos: en tejidos conjuntivos, cartilagosos</p>	<p><b>Globulares</b></p> <p>Se caracterizan por doblar sus cadenas en una forma esférica apretada o compacta dejando grupos hidrófobos hacia adentro de la proteína y grupos hidrófilos hacia afuera, lo que hace que sean solubles en disolventes polares como el</p>

		<p>Queratinas: en formaciones epidérmicas: pelos, uñas, plumas, cuernos.</p> <p>Elastinas: en tendones y vasos sanguíneos.</p> <p>Fibroínas: en hilos de seda, (arañas, insectos).</p>	<p>agua. La mayoría de las enzimas, anticuerpos, algunas hormonas y proteínas de transporte, son ejemplos de ellas.</p>
<p><b>Heteroproteínas o proteínas conjugadas</b></p>	<p>Están formadas por una fracción proteínica y por un grupo no proteínico, que se denomina grupo prostético</p>	<p><b>Glucoproteínas</b></p> <p>Son moléculas formadas por una fracción glucídica (del 5 al 40%) y una fracción proteica unidas por enlaces covalentes. Las principales son las mucinas de secreción como las salivales, glucoproteínas de la sangre, y glucoproteínas de las membranas celulares.</p>	<p><b>Lipoproteínas</b></p> <p>Su función principal es el transporte de triglicéridos, colesterol y otros lípidos entre los tejidos a través de la sangre.</p>
		<p><b>Nucleoproteínas</b></p> <p>Son proteínas estructuralmente asociadas con un ácido nucleico (que puede ser ARN o ADN). El ejemplo prototípico sería cualquiera de las histonas, que son identificables en las hebras de cromatina.</p>	<p><b>Cromoproteínas</b> Poseen como grupo prostético una sustancia coloreada, por lo que reciben también el nombre de pigmentos. Según la naturaleza del grupo prostético, pueden ser pigmentos porfirínicos como la hemoglobina encargada de transportar el oxígeno en la sangre o no porfirínicos como la hemocianina, un pigmento respiratorio que contiene cobre y aparece en crustáceos y moluscos.</p>

#### IV. Ácidos nucleicos

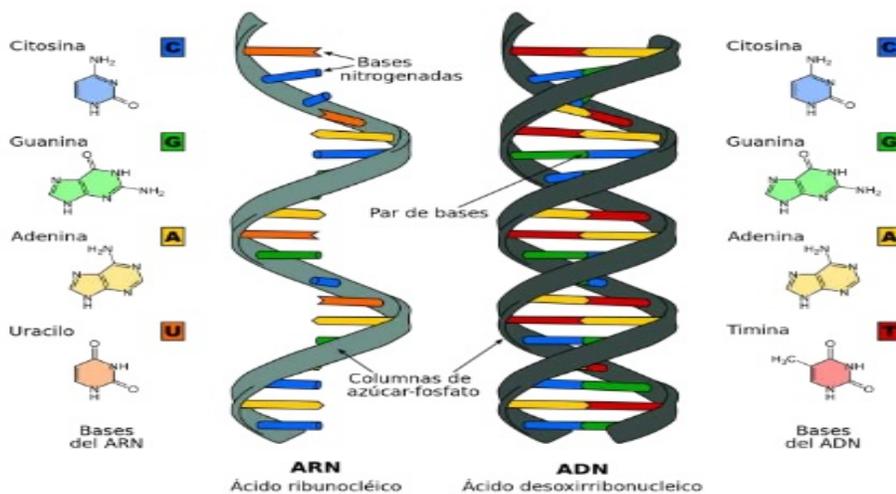
Los ácidos nucleicos son polímeros constituidos por la unión mediante enlaces químicos de unidades menores llamadas nucleótidos. Los ácidos nucleicos son compuestos de elevado peso molecular, esto es, son macromoléculas. Están formados por C (carbono), H (hidrogeno), O (oxígeno), N (nitrógeno) y P (fosforo), encontrándose presentes en todos los sistemas vivos.

Los Ácidos Nucleicos son las biomoléculas portadoras de la información genética. Son biopolímeros, de elevado peso molecular, formados por otras subunidades estructurales o monómeros, denominados Nucleótidos. De acuerdo a la composición química, los ácidos nucleicos se clasifican en:

**Ácidos Desoxirribonucleicos (ADN):** se encuentran residiendo en el núcleo celular y algunos orgánulos.

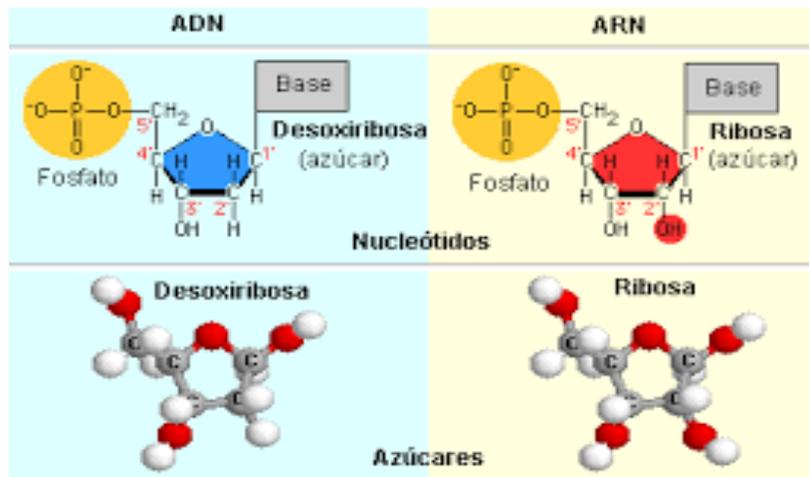
**Ácidos Ribonucleicos (ARN):** que actúan en el citoplasma.

Los ácidos nucleicos están formados por largas cadenas de nucleótidos, enlazados entre sí por el grupo fosfato. El grado de polimerización puede llegar a ser altísimo, siendo las moléculas más grandes que se conocen, con moléculas constituidas por centenares de millones de nucleótidos en una sola estructura covalente. De la misma manera que las proteínas son polímeros lineales aperiódicos de aminoácidos, los ácidos nucleicos lo son de nucleótidos. La aperiodicidad de la secuencia de nucleótidos implica la existencia de información. De hecho, sabemos que los ácidos nucleicos constituyen el depósito de información de todas las secuencias de aminoácidos de todas las proteínas de la célula. Existe una correlación entre ambas secuencias, lo que se expresa diciendo que ácidos nucleicos y proteínas son colineares; la descripción de esta correlación es lo que llamamos Código Genético, establecido de forma que a una secuencia de tres nucleótidos en un ácido nucleico corresponde un aminoácido en una proteína.



Existen dos tipos de ácidos nucleicos, ADN y ARN, que se diferencian por el azúcar (Pentosa) que llevan: desoxirribosa y ribosa, respectivamente. Conviene destacar que la única diferencia entre ambas está en que en el carbono 2 de la desoxirribosa hay un hidrógeno (-H) en lugar del grupo alcohol (-OH). Así como se diferencian por las bases nitrogenadas que contienen, Adenina, Guanina, Citosina y Timina, en el ADN; y Adenina, Guanina, Citosina y Uracilo en el ARN. Una última diferencia está en la estructura de las cadenas, en el ADN será una cadena doble y en el ARN es una cadena sencilla. Químicamente, los ácidos nucleicos son polímeros constituidos por la unión mediante enlaces químicos de unidades menores llamadas nucleótidos y son compuestos de elevado peso molecular.

Los nucleótidos, están formados por: una base nitrogenada (BN), un azúcar (A) y ácido fosfórico (P); unidos en el siguiente orden: P-A-BN. Se forman cuando se unen el ácido fosfórico y un nucleósido. Es una unión fosfoéster entre un OH del ácido fosfórico y el OH situado en el carbono 5 del azúcar, con formación de una molécula de agua. Según el azúcar sea la ribosa y la desoxirribosa.



#### IV. Funciones de los nucleótidos.

Algunos nucleótidos cumplen diversas funciones, por ejemplo:

**1.- Transferencias de energía:** Sirven de intermediarios en las transferencias de energía en las células (ATP, ADP y otros) o en las transferencias de electrones ( $\text{NAD}^+$ ,  $\text{NADP}^+$ , FAD, etc.), en reacciones de tipo exergónicas como aquellas endergónicas.

**2.- Intervienen en los procesos de óxido-reducción.** Estas moléculas captan electrones de moléculas a las que oxidan y los ceden a otras moléculas a las que a su vez reducen. Así, el  $\text{NAD}^+$  puede captar  $2e^-$  transformándose en su forma reducida, el NADH, y éste puede ceder dos electrones a otras sustancias, reduciéndolas y volviendo a transformarse en su forma oxidada, el  $\text{NAD}^+$ . Así, se transportan electrones de aquellas reacciones en las que se desprende a aquellas en las que se necesitan.

**3.- Reguladores de procesos metabólicos.** Algunos nucleótidos cumplen funciones especiales como reguladores de procesos metabólicos, por ejemplo, el AMPc (adenosina-3',5'-monofosfato) o AMP cíclico, en el que dos OH del fosfato esterifican los OH en posiciones 3 y 5 de la ribosa formando un ciclo. Este compuesto químico actúa en las células como intermediario de muchas hormonas.

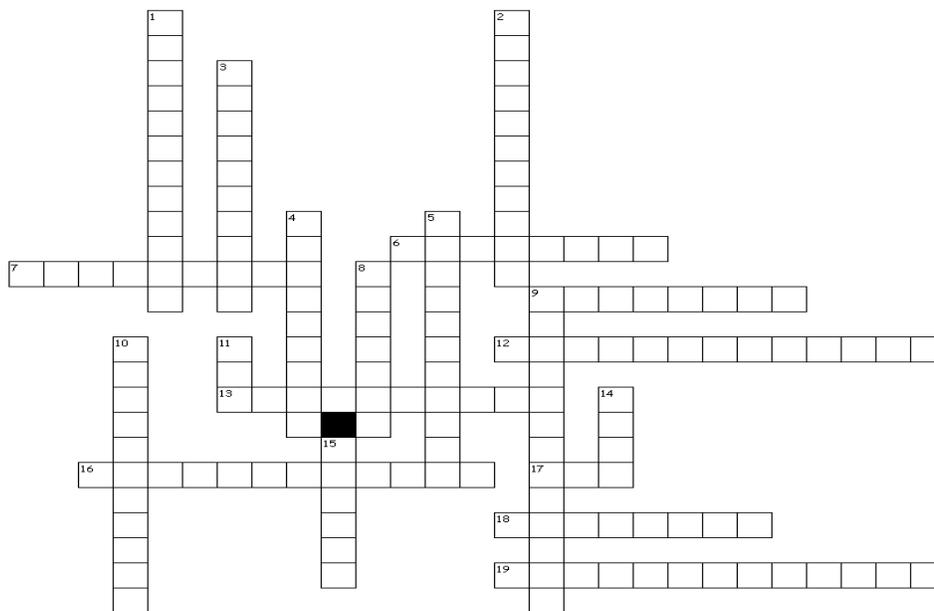
## Actividades de aprendizaje

1. Elabora un cuadro comparativo de las biomoléculas indicando lo siguiente:

BIOMOLECULA	ESTRUCTURA QUIMICA	DEFINICION	FUNSION	CLASIFICACION	¿EN QUE ALIMENTOS LOS PUEDES ENCONTRAR?
GLUCIDOS					
LIPIDOS					
PROTEINAS					
AC. NUCLEICOS					

2: Contesta correctamente el siguiente crucigrama.

### Características y biomoléculas de los seres vivos



HORIZONTAL	VERTICAL
6. Monosacárido que constituye los ácidos nucleicos.	1. Es la capacidad de los organismos para producir nuevos individuos de su misma especie.
7. Polisacárido considerado el almidón animal.	2. Los organismos incrementan su masa de materia viva por asimilación de nuevos materiales.
9. Polisacárido que constituye la pared celular.	3. Son ejemplo, el colesterol, las hormonas sexuales, las hormonas adrenocorticales, la vitamina D.
12. Capacidad de responder a estímulos.	4. Macromoléculas constituidas de aminoácidos.
13. Se refiere a la síntesis ó producción de moléculas simples a compuestas.	5. Es la suma de todos los procesos físicos y químicos de los cuales se produce y conserva la sustancia viva organizada.
16. Son lípidos componentes importantes de las membranas celulares.	
17. Ácido nucleico integrado por adenina, timina, guanina y citosina.	
18. Azúcar común formada por un enlace glucosídico entre glucosa y fructosa.	

19. Son azúcares simples.	8. Sirven como medios de almacenamiento de energía. 9. Son hidratos de carbono, glúcidos ó azúcares. 10. Se refiere al proceso metabólico que degrada los compuestos. 11. Ácido nucleico formado por ribosa. 14. Considerado el solvente universal. 15. Son considerados los bioelementos primarios.
---------------------------	---

## *Autoevaluación*

**Instrucción.** Lee los enunciados y coloca en el paréntesis la palabra correspondiente.

1. Compuestos más abundantes y ampliamente distribuidos en la naturaleza. ¿Se encuentran en tejidos animales y vegetales? .....( )  
A) Carbohidratos  
B) Aminoácidos  
C) Lípidos  
D) Ácidos Nucleicos
2. Son Hidratos de Carbono con función estructural.....( )  
A) la celulosa  
B) el almidón  
C) el glucógeno  
D) la quitina
3. Los lípidos cumplen funciones: .....( )  
A) poco relevantes en el organismo.  
B) de transporte y almacén de energía.  
C) estructurales, pero no reguladoras.  
D) enzimáticas.
4. Los lípidos pueden estar unidos covalentemente a:.....( )  
A) monosacáridos  
B) aminoácidos  
C) proteínas  
D) nucleótidos
5. Indicar que unidades estructurales forman parte de las proteínas: .....( )  
A) Monosacáridos  
B) Aminoácidos  
C) Mononucleótidos

D) Ácidos grasos

6. Identifica la proteína que tiene una estrecha relación con el ADN: .....( )
- A) desoxirribosa
  - B) miosina
  - C) fibrinógeno
  - D) histona
7. Las bases nitrogenadas propias del ADN son: .....( )
- A) adenina, timina, guanina, uracilo
  - B) citosina, uracilo, guanina, timina
  - C) adenina, guanina, citosina, timina
8. Una de las siguientes afirmaciones es falsa: .....( )
- A) El ARN contiene uracilo, El ADN contiene timina
  - B) El ARN es de cadena sencilla, el ADN es de cadena doble
  - C) El ARN nunca se encuentra en el núcleo, el ADN nunca se encuentra en el citoplasma

Respuestas:

Aprendizaje. Describe las semejanzas y diferencias estructurales entre las células procariotas y eucariotas.

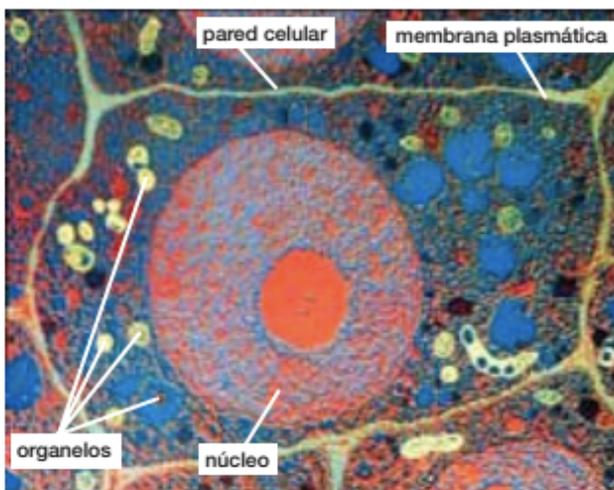
Tema 2. Estructura y función celular

Subtema 2. Estructuras de las células procariota y eucariota.

## Células

Cecilia Santos Velázquez

Los sistemas biológicos son complejos, se componen de células que mediante sus procesos metabólicos dan función, estructura y son la base de su reproducción. A principios del siglo XIX, mientras examinaban los organismos unicelulares con microscopios antiguos, los científicos desarrollaron la teoría celular, la cual señala que la célula es la unidad básica de la vida. Incluso una sola célula posee puede poseer una elaborada estructura interna como se puede apreciar en la figura 1, en dónde se observa una célula vegetal.



**Figura 1.** La célula es la unidad más pequeña de los organismos. Micrografía de una célula vegetal, coloreada de manera artificial, muestra la pared celular que rodea y da soporte a las células, así como la membrana plasmática que permite la comunicación extracelular, algunos organelos y el núcleo. Tomada de <http://slideplayer.es>

Todas las células contienen genes, son unidades de herencia que brindan la información necesaria para controlar la funcionalidad de la célula, y algunas, como las eucariotas, tienen organelos, es decir, pequeñas estructuras que se especializan en realizar funciones específicas como el movimiento interno de la célula en el caso del citoesqueleto, la obtención de energía en la respiración celular llevada a cabo en la mitocondria y la síntesis de moléculas orgánicas como la glucosa producida en los cloroplastos.

Todas las células se encuentran constituidas de una capa de lípidos denominada membrana plásmica o membrana plasmática, cuya función es mantener la comunicación del medio interno con el externo y separa la célula del medio exterior, en el caso de las células de vida libre del ambiente en su ecosistema y en el caso de organismos pluricelulares del ambiente

intercelular. Algunas formas de vida, casi todas microscópicas, consisten en una sola célula, por ejemplo la pulga de agua que se observa en la figura 2, ilustra la complejidad de una forma de vida multicelular microscópica.

A lo largo del tiempo, han evolucionado dos clases de células estructuralmente diferentes, las células eucariontes y las células procariotas.

Los primeros seres vivos que aparecieron sobre la Tierra hace unos 3.700 millones de años, eran células procariotas estos organismos procariotas debieron alcanzar un gran éxito en su desarrollo y reproducción gracias a su notable poder de adaptación hace unos 3.5 mil millones de años. Hace unos 1.500 millones de años surgieron células más especializadas llamadas

eucariotas, es decir, con núcleo verdadero. Registros fósiles de esa época muestran un abrupto incremento en el tamaño y las formas celulares. Los organismos eucariotas multicelulares debieron surgir hace entre 1.000 y 700 millones de años.

Las bacterias y las archaeobacterias consisten en células procariontes, mientras que todas las demás formas de vida están compuestas por células eucarióticas.

### I. Célula procariota

Una célula procarionte o procariota (de griego pro, antes y karyon, núcleo) carece de núcleo. Su ADN está enrollado en una región nucleoide (Figura 3). Debido a que ninguna membrana rodea a la región, el ADN está en contacto directo con el contenido del resto de la célula.

El ADN procarionte se organiza en un cromosoma formado por una cadena única de ADN y se encuentra situado en la zona media o nucleoide, son filamentos de ADN circulares que se encuentran unidos en un punto a la membrana celular, además en los procariontes suelen presentarse plásmidos, fragmentos de ADN circular más pequeños que en algún momento pueden unirse al cromosoma principal, estos pueden en determinadas ocasiones pasar a otras células promoviendo el intercambio genético entre diversas cepas de bacterias o procariontes. El cromosoma procarionte también existe en los eucariontes dentro de algunos organelos como las mitocondrias y los cloroplastos.

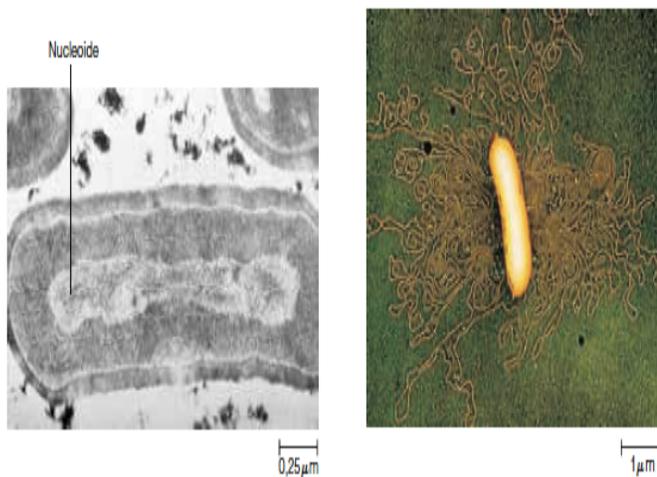
La membrana plasmática rodea el citoplasma de la célula procarionte, está constituida por una bicapa de fosfolípidos, estructuras proteicas y glicolípidos (glucolípidos). Alrededor de la membrana plasmática de la mayoría de las bacterias existe una pared celular bacteriana relativamente rígida y químicamente compleja, el componente principal y diferenciador de la pared bacteriana son los peptidoglicanos, azúcares monosacáridos, esta pared protege a la célula y permite el intercambio de sales y algunos iones. En algunos procariontes, existe una cubierta externa denominada cápsula, compuesta por azúcares, protege de la desecación además de participar en la adhesión de los procariontes a las superficies, por ejemplo a ramas y rocas en corrientes rápidas de agua, o a los tejidos en el cuerpo humano.

Además de sus cubiertas externas, algunas bacterias poseen ciertas proyecciones en su superficie. Los pili (singular, pilus) son proyecciones cortas que también le ayudan a las bacterias a adherirse a las superficies, algunos pilus llamados sexuales interconectan dos



**Figura 2.** La pulga de agua, *Daphnia longispina*, mide solo 1mm de largo (0.001 metros); pero tiene patas, boca, tracto digestivo, órganos de reproducción, ojos sensibles a la luz e incluso un cerebro muy impresionante en relación con su tamaño. Tomada de <http://slideplayer.es>

bacterias de la misma especie o de especie diferente construyendo un puente entre ambos citoplasmas. Esto permite la transferencia de material genético extracromosómico denominado plásmidos, entre las bacterias. El intercambio de plásmidos puede añadir nuevas características a la bacteria, por ejemplo, resistencia a los antibióticos. Hasta diez de estas estructuras pueden existir en una bacteria, por otro lado los flagelos procariontes son proyecciones largas que propulsan a la célula procariontes a través de su medio líquido.



**Figura 3.** El nucleoide bacteriano. La micrografía electrónica de la izquierda muestra una célula bacteriana con un marcado nucleoide, donde reside el cromosoma bacteriano. Cuando se rompen las células bacterianas se libera el DNA cromosómico de la célula. La micrografía de la derecha muestra que el DNA liberado forma una serie de bucles que se mantienen unidos al armazón estructural del nucleoide (METs).  
Imágenes tomadas de: <http://www.biologia.edu.ar>  
<https://1.bp.blogspot.com>

Las células procariontes se caracterizan por carecer de estructuras membranosas internas, sin embargo poseen unas estructuras moleculares denominadas ribosomas, los cuales cumplen funciones en la síntesis de proteínas, se caracterizan por tener un coeficiente de sedimentación de 70 S. Contienen un 66% de RNAr y se dividen en dos subunidades de distinto tamaño:

- Subunidad mayor: Su coeficiente de sedimentación es 50 S. Tiene dos tipos de RNAr: 5 S (con 120 nucleótidos) y 23 S (2.904 nt), y tiene 31 proteínas como promedio.
- Subunidad menor: Su coeficiente de sedimentación es 30 S. Tiene una sola molécula de RNAr 16 S con 1.542 nucleótidos y contiene 21 proteínas.

El proceso por el cual se reproducen las células procariontes se llama bipartición y consiste en tres procesos duplicación (crecimiento), alargamiento y división. Comienza con la duplicación de las partículas de ADN dentro de la célula. Luego de esto las partículas se comienzan a separar. Esta separación ocurre por el movimiento de la membrana celular que mueve dichas partículas a extremos opuestos de la célula. Una vez esto pasa, la célula tiende a alargarse y aumentar en tamaño, preparándose para la división. Cuando la célula dividida llega a un tamaño relativamente basto para la división, procede a separarse hasta que se divide en dos células idénticas que proceden su existencia independientemente.

## II. Célula eucariota

Todas las células eucarióticas o eucariontes del griego eu, verdadero, y karyon, núcleo), tanto de animales, como plantas, protistas y hongos, son fundamentalmente similares las unas a las

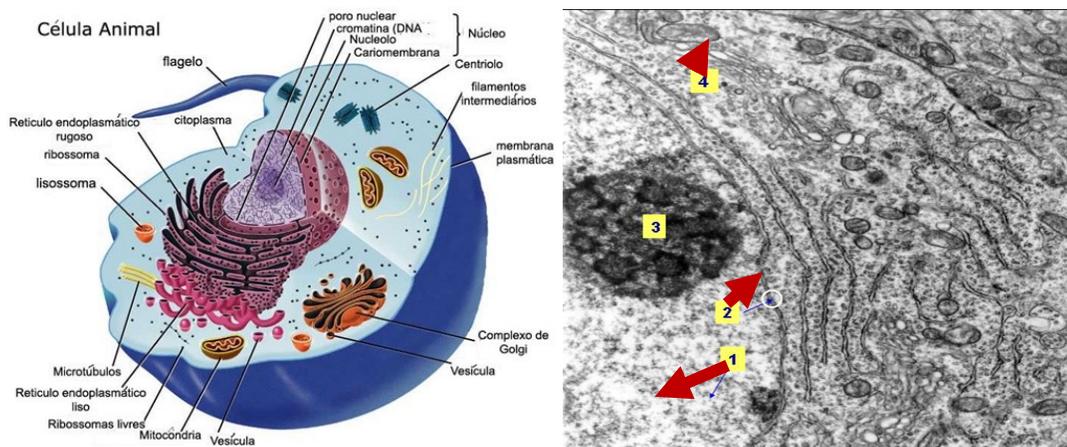
otras y profundamente diferentes de las células procariontas.

Las células eucariontes tienen varios cromosomas formados cada uno por una cadena única de ADN lineal (no circular), en estos cromosomas las moléculas de ADN se hallan rodeando proteínas llamadas histonas y se localizan en el interior del núcleo constituyendo la cromatina, cuando esta se condensa durante la división celular podemos observar a los cromosomas.

Los cromosomas son estructuras filamentosas a manera de bastones los cuales se encuentran unidos en un punto al que se le denomina centrómero. Según su centrómero los cromosomas se clasifican en:

- METACÉNTRICOS: El centrómero está situado en la parte media del cromosoma. Los brazos tienen aproximadamente la misma distancia.
- SUBMETACÉNTRICOS: El centrómero está desplazado hacia uno de los lados. Los brazos son ligeramente desiguales.
- ACROCÉNTRICOS: El centrómero está muy desplazado hacia uno de los extremos del cromosoma. Los brazos son muy desiguales.
- TELOCÉNTRICOS: El centrómero se localiza en uno de los extremos del cromosoma. Solo es visible un brazo en el cromosoma.

En la figura 4 observamos una representación ideal de una célula animal, se muestran los detalles vistos con el microscopio electrónico de transmisión. Una mirada rápida a la figura confirma que las células eucarióticas son mucho más complejas que las células procariontas. La diferencia más obvia es la variedad de estructuras en el citoplasma. Nótese en el esquema de la izquierda que la mayoría de las estructuras están compuestas por membranas. En la eucariótica, las membranas dividen al citoplasma en compartimientos, que los biólogos denominan organelos membranosos o endomembranas, su constitución química primordial consiste en una bicapa de fosfolípidos, lipoproteínas y glucoproteínas.



**Figura 4.** A la izquierda esquema de célula eucarionte animal en donde se enlista el sistema de endomembranas especializadas a nivel metabólico, a la derecha microfotografía de una célula animal que enlista en orden progresivo el núcleo, envoltura nuclear, nucleolo y mitocondria. Tomadas de: <https://i.pinimg.com> <https://www.google.com.mx>

Muchas de las actividades químicas de las células, conocidas en conjunto como metabolismo celular, tienen lugar en los espacios llenos de fluido en el interior de los organelos membranosos. Estos espacios son importantes como sitios donde se mantienen condiciones químicas específicas, que incluso varían de organelo en organelo.

A continuación describiremos algunas funciones que corresponden a organelos presentes en eucariotas.

a) Retículo endoplasmático granular o rugoso (REG o RER). Es un grupo de cisternas aplanadas que se conectan entre sí mediante túbulos. Presente en todos los tipos celulares, se halla especialmente desarrollado en las células secretoras de proteínas.

b) Retículo endoplasmático agranular o liso (REA o REL). Su aspecto es más tubular y carece de ribosomas. Es poco conspicuo en la mayoría de las células, pero alcanza un notable desarrollo en las células secretoras de hormonas esteroideas.

c) Aparato o complejo de Golgi. Constituido por sacos discoidales apilados, como mínimo en número de tres, rodeados por pequeñas vesículas. Cada saco presenta una cara convexa y otra cóncava, esta última orientada hacia la superficie celular. Se asocia a la producción de lisosomas.

d) Envoltura nuclear. Comprende la membrana exterior del núcleo que mantiene la continuidad con el Retículo endoplasmático cuya función es contener y proteger el material genético de la célula.

e) Membrana celular. Definen la extensión de la célula y establecen sus límites, forman barreras selectivamente permeables, impidiendo el intercambio indiscriminado de sustancias entre el exterior y el interior celular. Controlan la interacción entre células o con la matriz extracelular. Intervienen en las respuestas a señales externas a través de los receptores.

f) Mitocondria. Orgánulos encargados de suministrar la mayor parte de la energía necesaria para la actividad celular (respiración celular). Actúan como centrales energéticas de la célula y sintetizan ATP a expensas de los carburantes metabólicos (glucosa, ácidos grasos y aminoácidos). La mitocondria presenta una membrana exterior permeable a iones, metabolitos y muchos polipéptidos.

g) Cloroplasto. Orgánulos con forma de disco encargado de la fotosíntesis, aparecen en mayor cantidad en las células de las hojas, lugar en el cual parece que pueden orientarse hacia la luz, cada cloroplasto está recubierto por una membrana doble.

h) Vacuola. Las vacuolas son compartimentos cerrados o limitados por la membrana plasmática ya que contienen diferentes fluidos, como agua o enzimas, aunque en algunos casos puede contener sólidos, por ejemplo azúcares, sales, proteínas y otros nutrientes.

Dentro de las estructuras internas de una eucarionte se encuentran los Ribosomas, los cuales no forman parte de los organelos debido a que no son estructuras compuestas por membranas, se trata de moléculas constituidas de ácidos nucleicos y cuya función se enfoca a la síntesis de proteínas, tienen un coeficiente de sedimentación de 80 S. Su peso molecular es de 4.194 Kd. Contienen un 60% de RNAr y 40% de proteínas. Al igual que los procariontes se dividen en dos subunidades de distinto tamaño:

- Subunidad mayor: Coeficiente de sedimentación de 60 S. Tres tipos de RNAr: 5 S, 28 S y 5,8 S y tiene 49 proteínas, todas ellas distintas a las de la subunidad menor.
- Subunidad menor: Coeficiente de sedimentación es 40 S. Tiene una sola molécula de RNAr 18 S y contiene 33 proteínas. Dependiendo del organismo eucariota, este RNAr 18 S puede presentar variaciones.

Para dividirse, una célula debe completar varias tareas importantes: debe crecer, copiar su material genético (ADN) y dividirse físicamente en dos células hijas. Las células realizan estas tareas en una serie de pasos organizados que conforma el ciclo celular, las etapas del ciclo celular se dividen en dos fases importantes: la interfase y la fase mitótica (M).

Durante la interfase, la célula crece y hace una copia de su DNA, la preparación para la división sucede en tres pasos:

- Fase G1. La célula crece físicamente, copia los organelos y hace componentes moleculares que necesitará en etapas posteriores.
- Fase S. La célula sintetiza una copia completa del ADN en su núcleo. También duplica una estructura de organización de microtúbulos llamada centrosoma. Los centrosomas ayudan a separar el ADN durante la fase M.
- Fase G2. La célula comienza a reorganizar su contenido en preparación para la mitosis.

Durante la fase mitótica (M), la célula separa su ADN en dos grupos y divide su citoplasma para formar dos nuevas células.

## **Bibliografía**

Audesirk, T., G. Audesirk y B. Byers, (2012), Biología. La vida en la Tierra, México, Pearson.  
Becker, W., (2006), Mundo de la célula, España, Pearson.

*Actividades de aprendizaje*

1. Describe las características de las siguientes estructuras celulares de procariontes y eucariontes.

		Descripción
Célula procariota	Cromosoma	_____
		_____
	Pared celular	_____
		_____
	Cápsula	_____
	_____	
	Pilis	_____
		_____
	Flagelos	_____
		_____

		Descripción
Célula eucarionte	Membrana celular	_____
		_____
	Envoltura nuclear	_____
		_____
	Reticulo endoplasmico liso	_____
	_____	
	Reticulo endoplasmico rugoso	_____
		_____
	Aparato	_____
		_____

## de Golgi

2. En un párrafo de al menos cinco renglones describe las características del cromosoma y ribosoma procarionte y eucarionte.

---

---

---

---

---

---

---

---

## *Autoevaluación*

Instrucciones. Lee los enunciados y coloca en el paréntesis la respuesta del mismo.

1. Las células \_\_\_\_\_ se caracterizan por presentar una cápsula rodeando la pared celular, la cual le brinda protección a la célula. En tanto que las células \_\_\_\_\_ no presentan dicha estructura..... ( )

- A) procariontes – eucariontes.
- B) eucariontes – procariontes.
- C) procariontes – animales
- D) eucariontes – animales

2. La organización del material genético durante la división celular en procariontes se encuentra formando un .....( )

- A) cromosoma circular.
- B) cromosoma lineal.
- C) par de cromosomas.
- D) conjunto de plásmidos.

3. Son ejemplos de estructuras membranosas características de células eucariontes.....( )

- A) mitocondria, ribosomas y cloroplastos
- B) retículo endoplasmático liso y rugoso, ribosomas
- C) núcleo, nucleolo y vacuola
- D) vacuola, núcleo y mitocondria.

Respuestas:  
1(A), 2(A), 3(D)

## *La membrana celular*

*Díaz Velázquez Jannet*

### **La pócima maléfica de la membrana celular**

Una fábrica en funcionamiento necesita techo y paredes para protegerse del ambiente exterior y también como una barrera que mantenga sus productos seguros y fuera de peligro hasta que estén listos para enviarse. En las células se presenta una situación similar pero éstas son protegidas por las membranas celulares o plasmáticas ya que regulan lo que entra y sale de la misma. ¿Qué pasaría si, esta membrana celular sufriera alguna alteración? Veamos el siguiente caso.

Ansiosos por explorar su nuevo ambiente, Karl y Mark, dos jóvenes compañeros de cuarto en la Universidad del Sur de California, conducían su automóvil hacia un sendero para excursionistas en el desierto de Mojave. Karl bromeaba con Mark a propósito de su teléfono celular. ¿Cómo podrían experimentar un territorio salvaje si llevaban un teléfono? Por su parte, Mark hacía bromas acerca de la voluminosa guía de campo *Flora y fauna del desierto*, que hacía más pesada la mochila de Karl.

Con ánimo competitivo y atlético, los jóvenes vieron un risco y emprendieron una carrera para ver quién llegaba primero a la cima. Cuando Karl se apoyó en una saliente rocosa para impulsarse hacia arriba, se sorprendió al sentir un grueso cuerpo escamoso que se retorcía bajo su mano. Un repentino e inconfundible cascabeleo de advertencia fue seguido casi de inmediato por un intenso dolor en la base de su dedo pulgar. Al ver la enorme serpiente que se refugiaba en una grieta, Mark llamó rápidamente al servicio de emergencia 911. Para cuando escucharon el helicóptero que venía en su auxilio, ya habían consultado la guía de campo de Karl para identificar la serpiente de cascabel como la diamantina occidental. Antes de llegar al hospital, la mano de Karl estaba amoratada, su presión arterial había bajado y los paramédicos le administraban oxígeno porque le costaba trabajo respirar. ¿Qué efecto tiene el veneno de cascabel en el organismo de Karl? ¿El veneno puede atacar sus membranas celulares?

El médico le explicó a Mark que los venenos de la serpiente de cascabel son complejas mezclas de proteínas venenosas llamadas enzimas, las cuales, son responsables de los síntomas más severos. Diversas enzimas tóxicas en los venenos de la serpiente son fosfolipasas, las cuales son capaces de romper los fosfolípidos. Estas enzimas y otras proteínas tóxicas que forman el “brebaje maléfico” de los venenos de la serpiente, atacan las membranas celulares, provocando que las células se rompan y mueran. Atacan también las membranas de los glóbulos rojos, las

cuales son responsables de transportar oxígeno por todo el cuerpo, provocando que la víctima experimente asfixia como le sucedió a Karl.

Además, hay ruptura de las membranas que forman a los vasos sanguíneos llamados capilares, provocando hemorragias debajo de la piel alrededor de la picadura y, en casos severos, hemorragias internas. Karl tuvo suerte de que Mark llevara su teléfono celular. Si hubieran tratado de regresar caminando al auto, el veneno se habría difundido rápidamente por todo el cuerpo de Karl y el retraso habría reducido su probabilidad de sobrevivir. Como habían identificado a la serpiente, el hospital ya los esperaba con el contraveneno o antídoto adecuado.

## I. Estructura de las Membranas

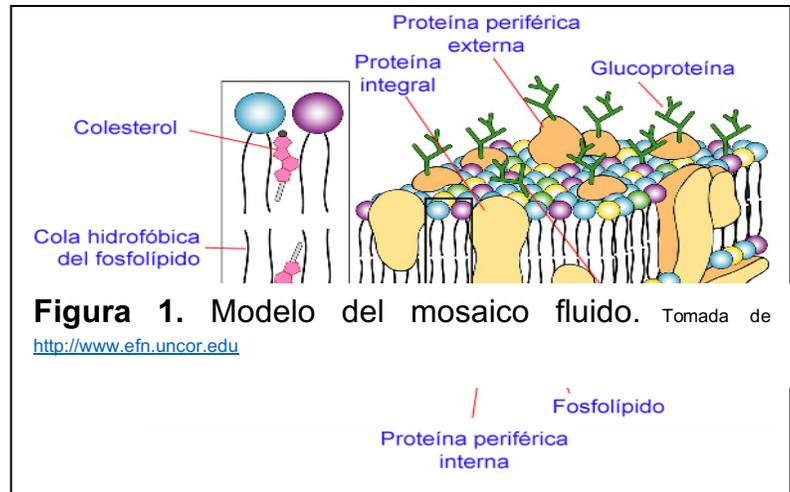
La membrana plasmática vista al microscopio electrónico es una delgada lámina de un grosor aproximado de 75 Å, y su estructura es prácticamente la misma en todas las células y en todos los organelos citoplasmáticos (mitocondrias, retículos endoplasmáticos, vacuolas, etc.) por lo que también recibe el nombre de membrana unitaria o celular. Las membranas celulares están formadas por lípidos, proteínas y, en menor medida, por glúcidos. Su composición relativa se determinó por primera vez en eritrocitos de rata (40% de lípidos y 60% de proteínas). Posteriormente se comprobó que dicha proporción es muy similar en el resto de las células aunque puede variar en función del tipo celular; por ejemplo, en los hepatocitos de rata la proporción es de un 58% de lípidos y un 42% de proteínas, mientras que en las fibras nerviosas las proteínas alcanzan menos del 25%, y en músculo esquelético de rata, el 65% del total.

Según el modelo propuesto por Singer y Nicholson en 1972, los lípidos de la membrana están organizados por una bicapa lipídica a la que se asocian moléculas proteicas que pueden situarse en ambas caras de la superficie de la doble capa o englobadas en la misma, formando una estructura denominada *mosaico fluido* dada la facilidad de todas las moléculas para moverse lateralmente (figura 1). Esta bicapa lipídica, son dos capas adosadas y formadas por tres tipos de moléculas: fosfolípidos los cuales tienen un grupo fosfato presentes en un 75%, colesterol es un esteroide con un grupo –OH (hidroxilo) alrededor del 20% y varios tipos de glucolípidos (5%).

La disposición en bicapa se produce porque los lípidos son moléculas anfipáticas, es decir, que tienen partes polares como no polares. En el fosfolípido el segmento polar es el grupo fosfato y contiene la “cabeza” que es *hidrófila* (atrae el agua). Los segmentos no polares están formados por dos “colas” de ácidos grasos, que son cadenas hidrocarbonadas *hidrófobas* (odian el agua) ver figura 1. Dado esta conformación, las moléculas de fosfolípidos se orientan con sus cabezas hidrofílicas hacia el exterior de tal forma, que quedan en contacto con el líquido extracelular situado en ambos lados de la membrana y por otro lado, las colas de ácidos grasos quedan situadas en cada mitad de la bicapa una enfrente de la otra para formar la región no polar o hidrofóbica en el interior de la membrana.

Por otra parte, las moléculas de colesterol se fijan al resto de los componentes lipídicos disminuyendo la fluidez de la membrana y manteniendo la estabilidad, así mismo, impide que los lípidos de la membrana se unan entre sí, lo que produciría la ruptura de la bicapa por cristalización.

Los glucolípidos aparecen solo en la parte externa de la membrana celular que está en contacto con el líquido extracelular, una de las razones por la cual las capas de la membrana son asimétricas o diferentes (Figura 1).



**Figura 1.** Modelo del mosaico fluido. Tomada de <http://www.efn.uncor.edu>

En el caso de las proteínas de membrana se dividen en dos tipos:

- Las proteínas integrales, las cuales atraviesan completamente la bicapa lipídica y se unen mediante enlaces covalentes con los ácidos grasos.
- Las proteínas periféricas, las cuales no están introducidas firmemente en la membrana. Se asocian de forma más laxa con las cabezas polares de los lípidos o con proteínas integrales situadas en la superficie interna o externa de la membrana.

Dentro de las funciones de las proteínas se presentan tres de las principales: 1) receptoras, constituyen sitios de anclaje para diversas hormonas y otras señales como la síntesis de determinada proteína la cual va a acelerar o bloquear alguna reacción metabólica. 2) de reconocimiento que sirven como etiquetas de identificación y sitios de unión y 3) Proteínas de transporte que regulan el movimiento de la mayor parte de las sustancias solubles en agua a través de la membrana.

Por último, los glúcidos son oligosacáridos formados por cadenas de 20 a 60 monosacáridos que pueden ser simples o ramificados. Los glúcidos pueden unirse mediante enlaces covalentes a lípidos (glucolípidos) o a proteínas (glucoproteínas), los cuales forman una cubierta extensa llamada glucocáliz. Éste les permite a las células reconocerse entre sí. Por ejemplo, la capacidad de los glóbulos blancos para detectar a un glucocáliz extraño es una de las bases de la respuesta inmune que nos ayuda a destruir los microorganismos invasores. Además, el glucocáliz hace posible que las células se adhieran unas con otras en ciertos tejidos e impide que las células sean digeridas por las enzimas del líquido extracelular.

## Funciones de las membranas

1. La membrana celular funciona como una barrera semipermeable, que regula el transporte de entrada y salida de iones y de moléculas.
2. Permitir el reconocimiento celular. Por ejemplo, en la fecundación, los espermatozoides reconocen a los gametos femeninos de su especie mediante los receptores de membrana.
3. Proveer sitios de anclaje para los filamentos del citoesqueleto o los componentes de la matriz extracelular lo que permite, entre otras, el mantenimiento de la forma celular.
4. Servir de sitio estable para la catálisis enzimática. Algunas proteínas integrales son enzimas que catalizan reacciones químicas específicas en la superficie externa o interna de la célula.

## II. Transporte a través de la membrana

Las células requieren nutrientes del exterior y deben eliminar sustancias de desecho procedentes del metabolismo y mantener su medio interno estable, el paso o eliminación de estas moléculas la realizan mediante la membrana. Esta barrera, presenta una permeabilidad selectiva, ya que permite el paso de pequeñas moléculas, siempre que sean **lipófilas** (afinidad con los lípidos), pero regula el paso de moléculas no lipófilas. Por tanto, el paso de las moléculas a través de la membrana posee dos modalidades: **Uno pasivo, sin gasto de energía, y otro activo, con consumo de energía.**

1. El transporte pasivo. Es un proceso de difusión de sustancias a través de la membrana. Se produce siempre a favor del gradiente, es decir, *de donde hay más hacia el medio donde hay menos*. Este transporte puede darse por:

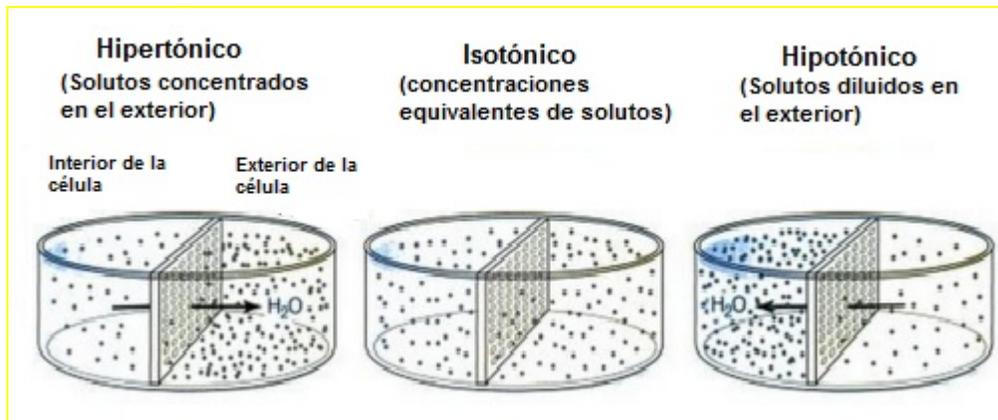
a) Difusión simple. Es el paso de pequeñas moléculas a favor del gradiente; puede realizarse a través de la bicapa lipídica,

Así entran moléculas lipídicas como las hormonas esteroideas, anestésicos como el éter y fármacos liposolubles, además de sustancias apolares como el oxígeno y el nitrógeno atmosférico. Algunas moléculas polares de muy pequeño tamaño, como el agua, el CO<sub>2</sub>, el etanol y la glicerina, también atraviesan la membrana por difusión simple. La difusión del agua mediante las acuaporinas recibe el nombre de ósmosis.

La ósmosis es un caso especial de transporte de agua. El agua tiende a travesar las membranas de las células dependiendo de la diferencia de concentración de soluto. Una solución que tenga mayor concentración de solutos en el exterior de la célula se dice que es hipertónica; mientras que si la solución tiene una concentración más baja de solutos que la célula se dice que es hipotónica como lo se muestra en la figura 2. El movimiento de agua siempre se hará desde una solución hipotónica a una hipertónica.

En organismos como el *Paramecium caudatum* (un protozoario) que habitan en aguas dulces tienen unas vacuolas especiales llamadas pulsátiles o contráctiles que recogen el agua

excedente tan rápido como entra en las células para regular sus procesos osmóticos y de esta manera se encuentre en un medio isotónico con concentraciones iguales de soluto.



**Figura 2.** Medios hipertónicos, isotónicos e hipotónicos (Tomada de Sadava, *et al.*, 2009)

b) Difusión facilitada. Permite el transporte de pequeñas moléculas polares, como los aminoácidos, monosacáridos, etc, y diversos iones con carga positiva como el  $Na^+$ ,  $K^+$  y  $Ca^+$  que al no poder atravesar la bicapa lipídica, requieren de proteínas transmembranas que faciliten su paso. Estas proteínas reciben el nombre de proteínas transportadoras o permeasas que, al unirse a la molécula a transportar sufren un cambio en su estructura que arrastra a dicha molécula hacia el interior de la célula. El cambio de forma de la proteína transportadora o a carreadora permite la transferencia de la molécula al interior de la célula, sin que exista un canal propiamente dicho. El acarreador más conocido es el que permite la entrada de la glucosa al interior del eritrocito. La concentración de la glucosa en el plasma sanguíneo es más elevada que en el interior del eritrocito, por lo que la glucosa entra a favor de un gradiente de concentración.

2. El transporte activo. En este proceso también actúan proteínas de membrana, pero éstas requieren energía, en forma de ATP, para transportar las moléculas al otro lado de la membrana. Se produce cuando el transporte se realiza en contra del gradiente electroquímico. Un ejemplo de este tipo de transporte es la bomba de  $Na^+/K^+$ : Requiere una proteína acarreadora que bombea 3  $Na^+$  hacia el exterior de la membrana y 2  $K^+$  hacia el interior. Esta proteína actúa en contra del gradiente gracias a su actividad como ATP-asa, ya que rompe el ATP para obtener la energía necesaria para el transporte. El transporte activo de  $Na^+$  y  $K^+$  tiene una gran importancia fisiológica. De hecho todas las células animales gastan más del 30% del ATP que producen y las células nerviosas más del 70% para bombear estos iones. La bomba de sodio y potasio controla el volumen de las células eucariotas animales al regular el pasaje del sodio y del potasio. El gradiente generado produce un potencial eléctrico que aprovechan todas aquellas sustancias que deben atravesar la membrana plasmática en contra del gradiente de concentración.

A medida que sale sodio de la célula, el líquido extracelular adquiere un mayor potencial eléctrico positivo, lo que provoca atracción de iones negativos (cloro, bicarbonato) intracelulares. Al haber más iones de sodio y cloruros ( $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$ ) en el medio extracelular, el agua tiende a salir de la célula por efecto de la ósmosis; de esta manera, la bomba de sodio y potasio controla el volumen celular. Otra función importante de la bomba de sodio y potasio es la transmisión de los impulsos nerviosos y en la contracción de las fibras musculares.

Para este tipo de transporte, las proteínas acarreadoras pueden transportar una sola sustancia hacia dentro o hacia afuera de la célula, a este proceso se le denomina uniporta.

En ocasiones dos sustancias diferentes se transportan simultáneamente, si ambas siguen la misma dirección se denomina sinporta; o antiporta si las dos se mueven en direcciones opuestas. La figura 3, muestra los tipos de transporte a través de la membrana.

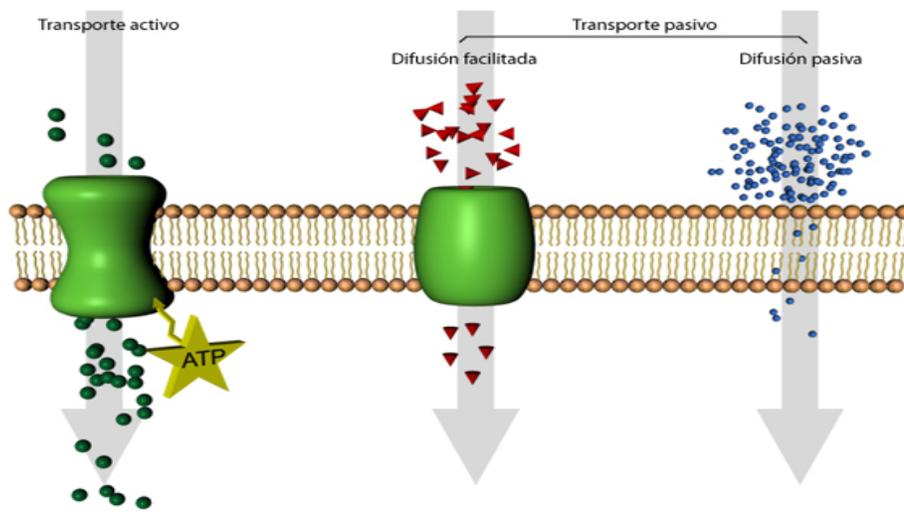


Figura 3.  
transporte a través de la

membrana.

Tomada de: <http://refuerzabiologia.blogspot.mx/>

Transporte de moléculas de elevado peso molecular. En toda célula existe un equilibrio entre la exocitosis y la endocitosis, para mantener la membrana plasmática y que quede asegurado el mantenimiento del volumen celular, como lo muestra la figura 4.

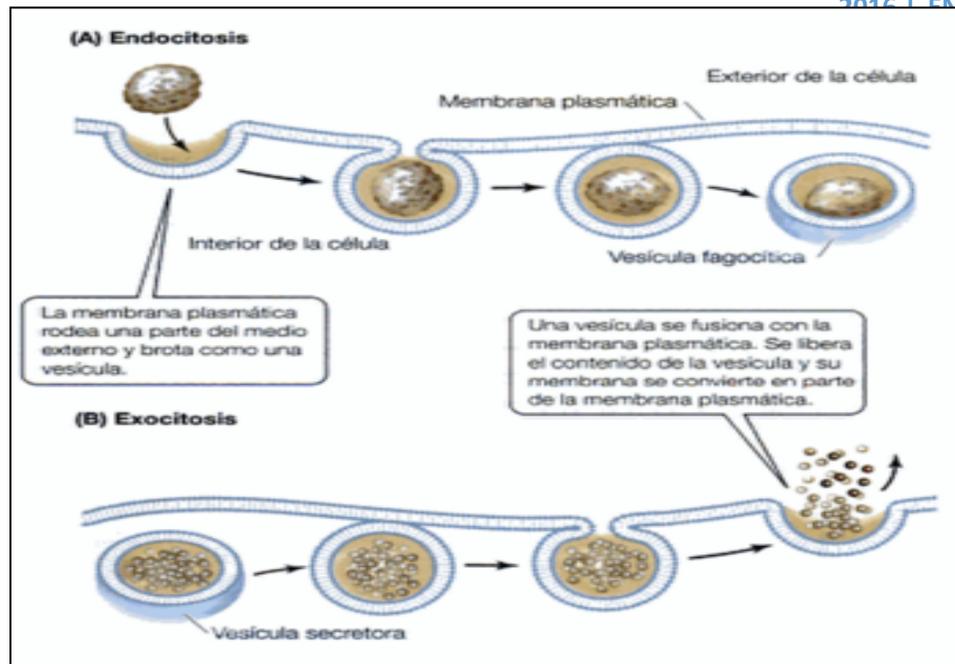


Figura 4. Endocitosis y exocitosis (Tomada de Sadava, *et al.*, 2009)

**1. Endocitosis:** Es el proceso por el que la célula capta partículas del medio externo mediante una **invaginación de la membrana** en la que se engloba la partícula a ingerir. Mediante este proceso se encuentra también la pinocitosis. Implica la ingestión de líquidos y partículas en disolución por pequeñas vesículas revestidas de clatrina. Y la fagocitosis, en donde se forman grandes vesículas revestidas o fagosomas que ingieren microorganismos y restos celulares.

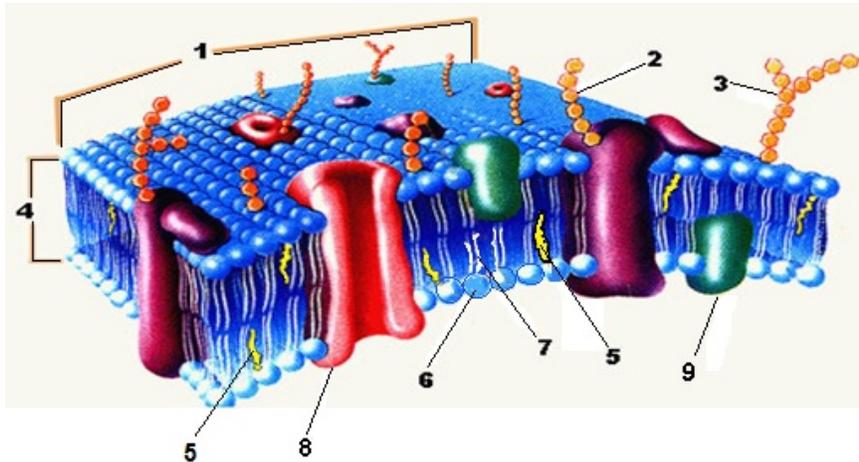
**2. Exocitosis.** Las macromoléculas contenidas en vesículas citoplasmáticas son transportadas desde el interior celular hasta la membrana plasmática, para ser vertidas al medio extracelular.

### Bibliografía

- Audesirk, T., G. Audesirk y B. Byers, (2012), *Biología. La vida en la Tierra*, México, Pearson.
- Jiménez, L. F. *et al.*, (2006), *Conocimientos fundamentales de biología*, México, Pearson Educación.
- Jimeno, A., Ballesteros, M., y Ugedo, L., (2008), *Biología*, México, Santillana.
- Matias, O.T., Navarro, C. J., Núñez, A. L., Ocampo, R.E. y Silva, S. B., (2010), *Guía Para el examen extraordinario de Biología I*. Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Azcapotzalco. UNAM.
- Miller, Kenneth, J. Levine, (2010), *Biología*, Boston, Pearson.
- Sadava, D., H. Heller, G. Orians, W. Purves, y D. Hillis, (2009), *Vida la ciencia de la biología*, Buenos Aires, Panamericana.
- Tortora, G. y B. Derrickson, (2006), *Principios de Anatomía y Fisiología*, Panamericana.

## Actividades de aprendizaje

1. La siguiente imagen muestra la membrana celular. Escribe al lado de los números el nombre de las moléculas que componen a la membrana.



2. Con base a la lectura “La membrana celular” llena la siguiente tabla.

Mecanismos de transporte de membrana				
Transporte	Requiere de energía	A favor o en contra del gradiente	Requiere de proteínas transportadoras	Moléculas transportadas
Difusión simple				
Difusión facilitada				
osmosis				
Bomba Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup> :				
Endocitosis				
exocitosis				

## Autoevaluación

**Instrucción.** Coloca en el paréntesis la letra que contenga la respuesta a cada oración o enunciado

1. ¿Cuál de los siguientes enunciados menciona un componente de la membrana celular que es incorrecto?.....( )

- A) La membrana celular está formada por fosfolípidos, glucolípidos, colesterol y proteínas
- B) La membrana celular está formada por fosfolípidos, glucolípidos, bases nitrogenadas puricas y proteínas
- C) La membrana celular está formada por fosfolípidos, proteínas integrales, glucolípidos y colesterol.
- D) La membrana celular está formada por proteínas integrales y periféricas, bicapalídica, glucolípidos y colesterol.

2. El paso de una sustancia de un área de menor a mayor concentración, con gasto de energía se conoce como: .....( )

- A) Diálisis.
- B) Ósmosis.
- C) Difusión Libre.
- D) Transporte Activo.

3. ¿Es un proceso de difusión de sustancias a través de la membrana, el cual se produce siempre a favor del gradiente de concentración y no requiere gasto de energía? .....( )

- A) Diálisis
- B) Transporte pasivo
- C) Osmosis
- D) Transporte Activo

4. ¿Tipo de difusión pasivo que utiliza algún transportador? .....( )

- A) Facilitada
- B) Ósmosis
- C) Compleja
- D) Diálisis

5. ¿Al proceso por el cual la célula capta partículas del medio externo mediante una invaginación de la membrana, se le conoce cómo? .....( )

- A) Ósmosis
- B) Diálisis
- C) Endocitosis
- D) Exocitosis

Respuestas: 1(B), 2(D), 3(B), 4(A), 5(C)

6. De las preguntas generadas del problema, subraya la respuesta correcta.

**Problema.** Los glóbulos rojos se encuentran en un medio isotónico que corresponde al suero sanguíneo, por debajo de esta concentración y por arriba de ella se plasmolizan o se tornan turgentes. Al experimentar con tres soluciones de NaCl al 2.0%, 0.9% y 1.2% se observa lo siguiente:

SOLUCIÓN	Forma del glóbulo rojo
0.2 %-----	Hinchado
0.9%-----	Normal
1.2% -----	Arrugado

6.1 ¿Cuál de las soluciones es hipertónica?

- A) 0.2 %
- B) 0.9%
- C) 1.2%
- D) A y B

6.2. ¿En qué caso se plasmolizan los glóbulos rojos?

- A) 1.2 %
- B) 0.9%
- C) 0.2%
- D) B y C

6.3. ¿Cuál de las soluciones es hipotónica?

- A) 0.9%
- B) 0.2%
- C) 1.2%
- D) A y C

Respuestas:

6.1 (C), 6.2 (A), 6.3 (B)

Aprendizaje: identifica que el citoesqueleto, cilios y flagelos son componentes celulares que proporcionan forma y movimiento.

Tema 2. Estructura y función celular  
Subtema 4. Forma y movimiento

## ¡Y por cierto, se mueven!

Alcántara Montoya María Dolores

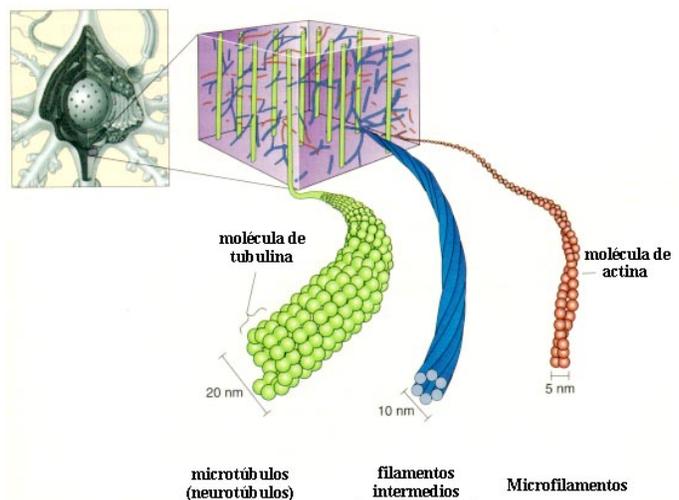
### I. El paciente declaró: ¡sólo mordí el ajo!

Un hombre de 76 años con antecedentes de alcoholismo e insuficiencia renal, aparentemente mordió un ajo silvestre (*Aliium ursinum*). Después de 12 horas de su ingestión, el paciente presentó náuseas, vómitos y diarrea. Al ingresar al hospital, el paciente tenía signos de deshidratación. Al siguiente día, el paciente desarrolló insuficiencia respiratoria. Al tercer día, el paciente muere debido a un paro cardíaco. El análisis toxicológico reveló colchicina en la orina del paciente. ¿Por qué el hombre falleció por paro cardíaco?, ¿qué es la colchicina?, ¿la colchicina se relaciona con la ingesta del ajo?

Para responder a las preguntas, habría que determinar el significado que se le proporciona a la palabra *esqueleto*. Posiblemente la palabra haga referencia inmediata a un sistema constituido principalmente de huesos y cráneo. Pero la palabra hace referencia a “algo que constituye un armazón general” (Starr y Taggart, 2004).

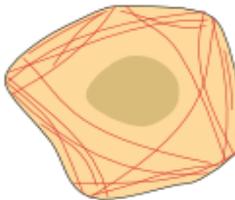
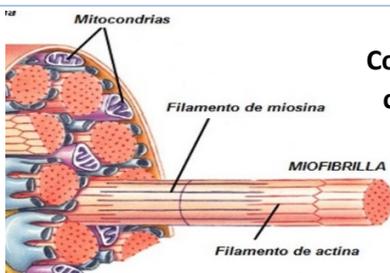
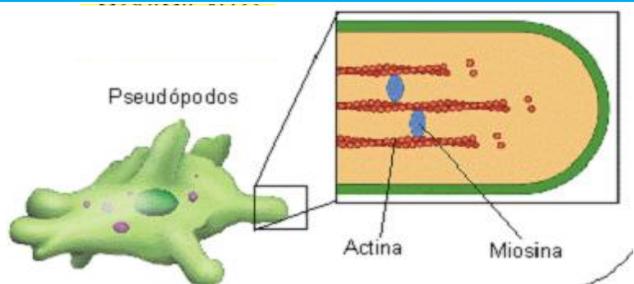
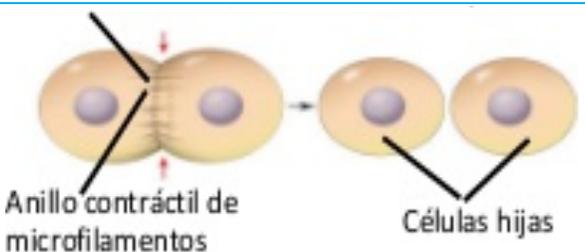
A nivel celular existe un citoesqueleto, una de las principales características que diferencia las células eucariontes de las células procariontes. Dicha estructura es una red de fibras proteicas (Figura 1) que no solo le confiere forma y organización al citoplasma, también permite que los organelos no “floten al azar” sobre el citoplasma, el citoesqueleto, permite que estén “anclados”. Además de que permite que las enzimas que forman parte de las rutas metabólicas, logren pasar de una reacción a la siguiente en un orden “correcto”.

Existen tres tipos de fibras proteicas denominadas: a) microfilamentos; b) filamentos intermedios, de grosor mediano y c) microtúbulos, que son más gruesos (Tabla 1). Donde los microtúbulos y microfilamentos desempeñan funciones de movimiento. Mientras que los filamentos intermedios son más estables que los microtúbulos y microfilamentos, al estar estos últimos en constante ensamblaje y desensamblaje. Por ejemplo, los microtúbulos pueden



**Figura 1.** Esquema que representa los tres tipos de fibras proteicas que constituyen el citoesqueleto. Tomada de: <http://docentes.educacion.navarra.es>

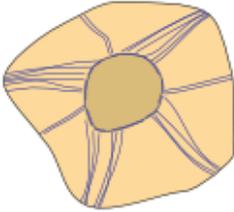
desensamblarse por la eliminación de dímeros,<sup>1</sup> los cuales se reciclan para formar microtúbulos en otras partes de la célula (Solomon, *et al.*, 2001). Evento fácilmente observable durante la división celular, cuando gran parte del citoesqueleto parece “desaparecer”.

<b>Microfilamentos</b>	
<p><b>A) Descripción</b></p>  <p>Esquema que representa la distribución en la célula de los filamentos de actina.</p> <p>Tomada de: <a href="https://mmegias.webs.uvigo.es">https://mmegias.webs.uvigo.es</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diámetro de 5 a 7nm.</li> <li>- Cadenas dobles de proteínas enrolladas (en forma helicoidal). Se ensamblan a partir de monómeros de actina.</li> <li>- Elementos más delgados del citoesqueleto.</li> </ul>  <p>Modificada de: <a href="http://biologiahelena.webcindario.com">biologiahelena.webcindario.com</a></p>
<p><b>B) Funciones</b></p> <p>1. Participan en la contracción de músculos.</p> <p>Ejemplo: actina + miosina = fibras que generan fuerzas para la contracción muscular.</p>	<p><b>Composición de la célula muscular</b></p>  <p>Modificada de: <a href="http://suggest-keywords.com">suggest-keywords.com</a></p>
<p>2. Permiten cambiar la forma de la célula.</p> <p>Ejemplo: movimiento de pseudópodos en amibas.</p>	 <p>Modificada de: <a href="http://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a></p>
<p>3. Facilita la división del citoplasma en la célula animal.</p> <p>Ejemplo: proceso denominado como citocinesis.</p>	 <p><b>Invaginación y división de una célula animal (!)</b></p> <p>Modificada de: <a href="http://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a></p>

<sup>1</sup> **Dímero:** se forma por la asociación de dos unidades más sencillas que sean similares denominadas como monómeros.

## Filamentos intermedios

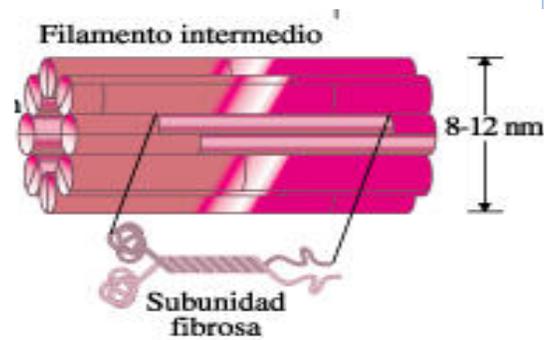
### A) Descripción



Esquema que representa la distribución en la célula de los filamentos intermedios.

Tomada de: <https://mmegias.webs.uvigo.es>

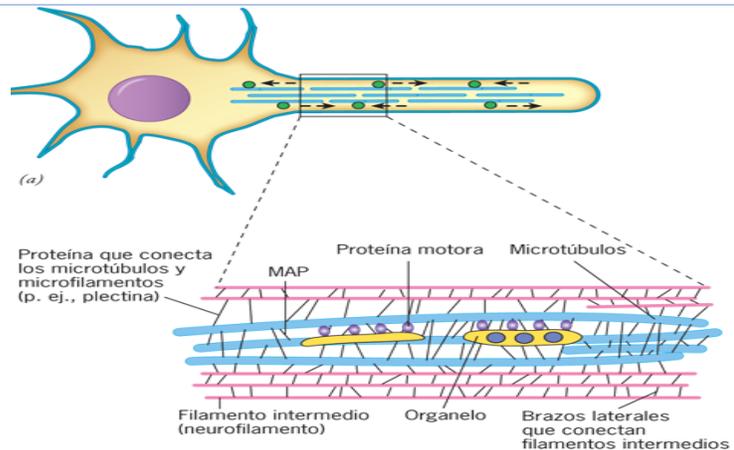
- Diámetro 8 a 10 nm.
- Unidades helicoidales enrolladas una alrededor de otra, unidas en grupos de cuatro.
- Abundan en regiones de la célula sometidas a tensión mecánica.
- El tipo de proteínas que la constituye depende del tipo y función de célula.



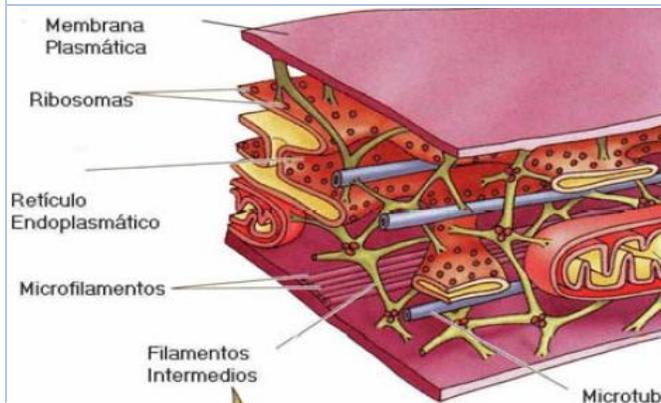
Modificada de: [biologiahelena.webcindario.com](http://biologiahelena.webcindario.com)

### B) Funciones

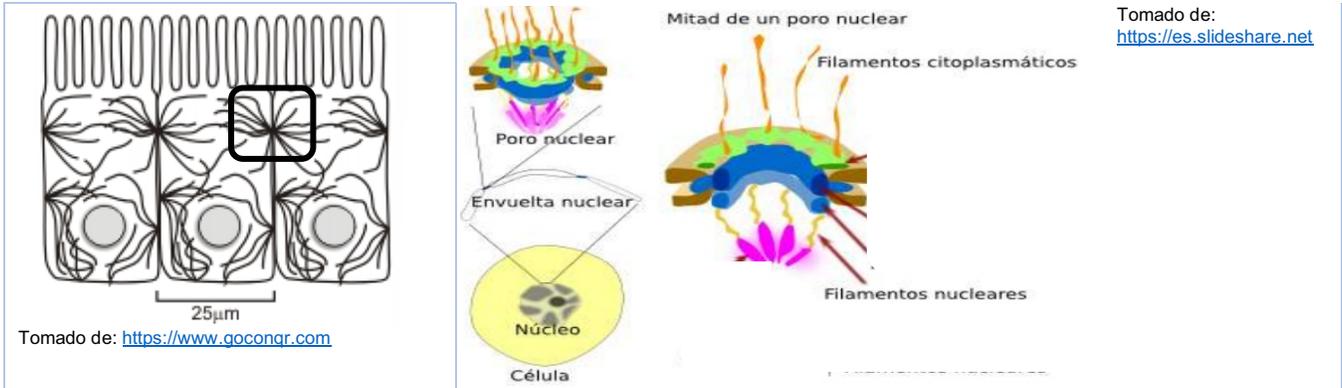
1. Marco de soporte dentro de la célula, fortalece el citoesqueleto al estabilizar la forma celular (las bases).
2. Sostiene la membrana plasmática y los organelos sobre el citoplasma (esquematizados como "estrellas" en la imagen).
3. Unen células (uniones dentro de la imagen).
4. Forman la lámina nuclear. Adyacente al lado interno de la envoltura nuclear. Para la organización y reorganización del núcleo durante la división celular.



Tomada de: <http://accessmedicina.mhmedical.com>

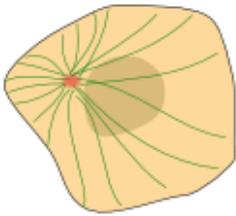


Tomado de: <https://www.pinterest.com.mx>



## Microtúbulos

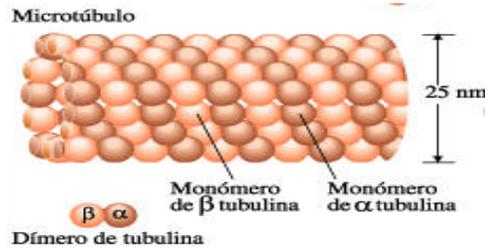
### A) Descripción



Esquema que representa la distribución en la célula de los filamentos intermedios.

Tomada de: <https://mmegias.webs.uvigo.es>

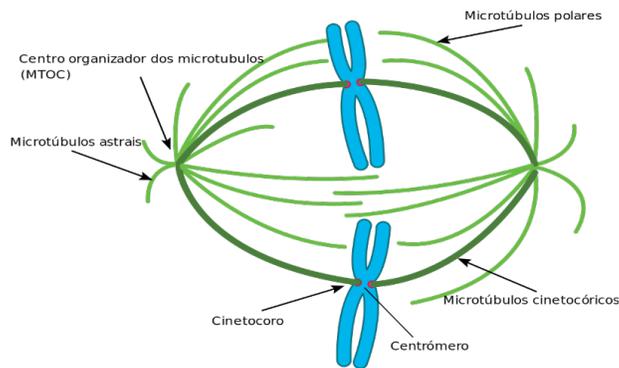
- Diámetro de aproximadamente 25nm. Es el mayor de todos los elementos del citoesqueleto.
- Cilindro recto y hueco, similar a un tubo. Las dos proteínas que lo constituyen se organizan en forma de espiral.
- Proteína denominada tubulina
- Se forman en el centrosoma (como un centro organizador de microtúbulos).



Modificada de: [biologiahelena.webcindario.com](http://biologiahelena.webcindario.com)

### B) Funciones

1. Permite el movimiento de los cromosomas durante la división celular.
2. Forman centríolos y cuerpos basales.



Tomado de: <https://gl.wikipedia.org/>

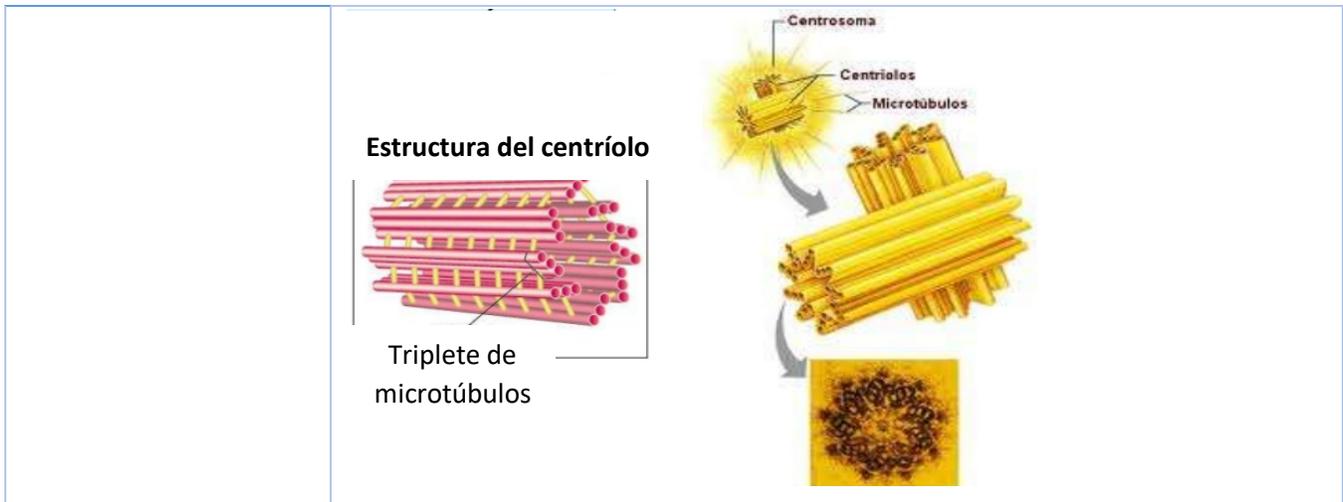


Tabla 1. Características y funciones de las tres estructuras proteicas que conforman el citoesqueleto de la célula.

Como datos adicionales, muchos tipos de células tienen microvellosidades que se extienden y retraen como resultado del ensamble y desensamble de los microfilamentos. Las microvellosidades incrementan el área superficial de la célula para el transporte de materiales a través de dicha “sección” de la membrana (Solomon, *et al.*, 2001).

Mientras que los microtúbulos, actúan como armazón estructural o participan en movimientos celulares y deben estar anclados a otras partes de la célula. El *centrosoma* es una estructura importante para la división de la célula en casi todas las células animales. El centrosoma contiene dos estructuras denominadas como centriolos (estructuras 9x3), los cuales se duplican antes de la división celular e intervienen en algunos tipos de ensamblaje de los microtúbulos. Los microtúbulos representan el blanco de la guerra química entre plantas y animales cuya finalidad es la supervivencia. Como muestra está, el azafrán otoñal *Colchicum autumnale* que produce la colchicina, una sustancia química que promueve el desensamble de los microtúbulos en células animales, la consecuencia es la alteración de la división celular.

El resultado de la asociación dichos complejos proteicos es la estructura del citoesqueleto, que de forma general presenta las siguientes funciones (Audesirk, *et al.*, 2012):

Función	Descripción	Ejemplo
<b>A) Da forma a la célula</b>	En las células sin pared celular, la red de filamentos intermedios, determina la forma de la célula.	Forma de la célula animal
<b>B) Movimiento</b>	b.1) Movimiento de la célula  Movimiento que es consecuencia de ensamble, desensamble y desplazamiento de los microfilamentos o los microtúbulos.	-Protistas unicelulares impulsados por cilios.  - Espermatozoides  -Células de músculo contráctil.

	b.2) Movimiento de los organelos Los microtúbulos y microfilamentos	Movimiento de las vesículas surgidas del Retículo endoplásmico y el Complejo de Golgi (Aparato de Golgi)
<b>C) División celular</b>	Participan los microtúbulos y microfilamentos	Células de raíz de cebolla.

## II. Movimiento en el interior de la célula

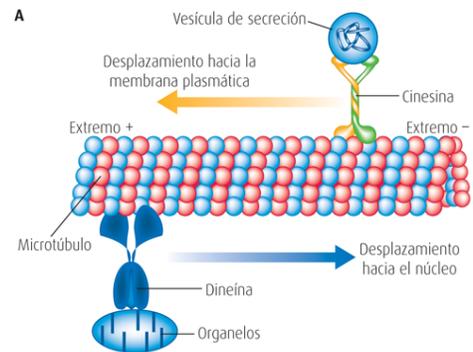
Las células eucariontes poseen movimiento en su interior, denominado como motilidad intracelular, función asociada al citoesqueleto, principalmente por el microtúbulo y los microfilamentos. Es un movimiento incesante que normalmente se produce en las células eucariontes. Principal diferencia entre las células procariontes y células eucariontes.

Los genes que permiten la formación de las proteínas de tubulina y actina que conforman a los microtúbulos y microfilamentos, aparentemente están muy conservados. Pero a pesar de su uniformidad, estas dos unidades del citoesqueleto se asocian con otras proteínas para permitir el movimiento en el interior de la célula (Figura 2) (Starr y Taggart, 2004).

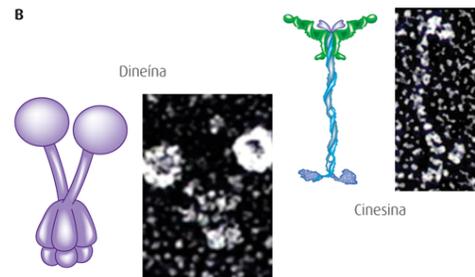
Por ejemplo, organelos como mitocondrias y “gotas” de lípidos se mueven en corrientes unidireccionales del centro a la periferia de la célula y de nuevo hacia el centro. Movimiento celular que es resultado de la actividad de ciertas proteínas denominadas móviles. Dichos movimientos intracelulares les permiten introducir partículas de alimento, realizar la circulación de nutrientes en el interior, excretar los productos de desecho y regular las concentraciones de iones del agua (Margulis, 2001).

## III. Kartagener y la infertilidad masculina

El Síndrome Kartagener (SK) puede iniciar a partir de los 10 a 29 años, se caracteriza por infertilidad masculina y se ha detectado en pacientes con dificultad en la obtención de embarazos. El SK está asociado con la infertilidad masculina debido a la abolición de la motilidad (movilidad) de los espermatozoides.



Fuente: Julio Sepúlveda Saavedra: *Texto Atlas de Histología. Biología celular y tisular*, 2e: ww Derechos © McGraw-Hill Education. Derechos Reservados.



**Figura 2.** Arriba. A) Esquema que ilustra el movimiento de vesículas de secreción y organelos a través de las cinesinas y dineínas. Abajo. B) Microfotografía que muestra la estructura de ambas moléculas.

Se ha señalado que el origen es la mutación<sup>2</sup> de varios genes, que provoca una variedad de defectos estructurales que ocasionan disminución en el rendimiento del espermatozoide. Existe tratamiento de sostén, una cura es poco probable debido a la heterogeneidad, ya que puede ser causada por más de 1,800 mutaciones en un solo gen. (Góngora, *et al.*, 2016) Ante esta situación, surgen algunas preguntas: ¿por qué la alteración de la motilidad del espermatozoide provoca infertilidad?, ¿qué estructura le proporciona dicha movilidad al espermatozoide?, ¿las células se mueven?, ¿también las células del intestino?, entonces, ¿algunos sistemas biológicos se mueven?

### III. A Como antecedente: la teoría celular

El término motilidad se utiliza en biología para expresar la habilidad de moverse de manera espontánea e independientemente. Hace 250 años A. Van Leewenhoek fue el primero en asomarse a un mundo poblado de millares de especies diferentes, pequeñísimas, mortíferas y útiles para muchas ramas de la industria que enriquece al hombre; escribiría Paul de Kruif en 1952. En el mismo libro se externan algunas de las expresiones y descripciones del holandés habitante de la Ciudad de Delft en pleno siglo XVII: *“moviéndose con gran agilidad, porque tenían varios pies increíblemente sutiles”*; *“¡Están vivos, se mueven recorren grandes distancias en este mundo de una gota de agua!”*; *“Se paran, quedan inmóviles como en equilibrio sobre una punta, luego se revuelven rápidamente, igual que un trompo, dibujando una circunferencia no mayor a un granito de arena”*.

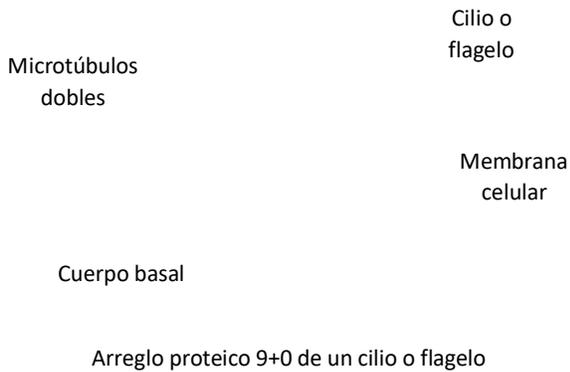
Algunas de sus preguntas posteriores fueron: ¿de dónde procedían esos extraños habitantes?, ¿había caído del cielo?, ¿habían trepado sin ser vistos?, ¿cómo resolver este problema? Los comparó con el tamaño del ojo de un piojo o con el ácaro del queso, observó que ninguno de ellos no igualaban en tamaño a un grano de arena. Van Leewenhoek observó diferentes muestras, por ejemplo rasco de entre sus dientes una sustancia blanquecina que mezcló con agua de lluvia y detectó organismos que “nadaba” hacia adelante, de repente se regresaban y después daba una serie de “saltos mortales”; movimientos similares encontró al observar espermatozoides en una de sus propias muestras (De Kruif, 1952).

### III. B Estructura de cilios y flagelos en células eucariontes

Un cilio (del latín *cilium*, “ceja”), tiene un arreglo de 9 proteínas localizadas a lo largo de la periferia de una estructura en forma de “circulo”, y en el centro, se encuentra un par más de proteínas. Dichas proteínas son microtúbulos. De forma general, el arreglo de las proteínas de

---

<sup>2</sup> Cambio en el orden secuencia o número del material genético, puede ser a nivel de nucleótido (A, G, C y T), a nivel cromosómico y genómico.



**Figura 3.** Esquema que explica los elementos generales de la estructura del flagelo y cilio.

Tomado de:  
<https://estructurayfuncioncelularbacteriana.wikispaces.com/Flagelos>

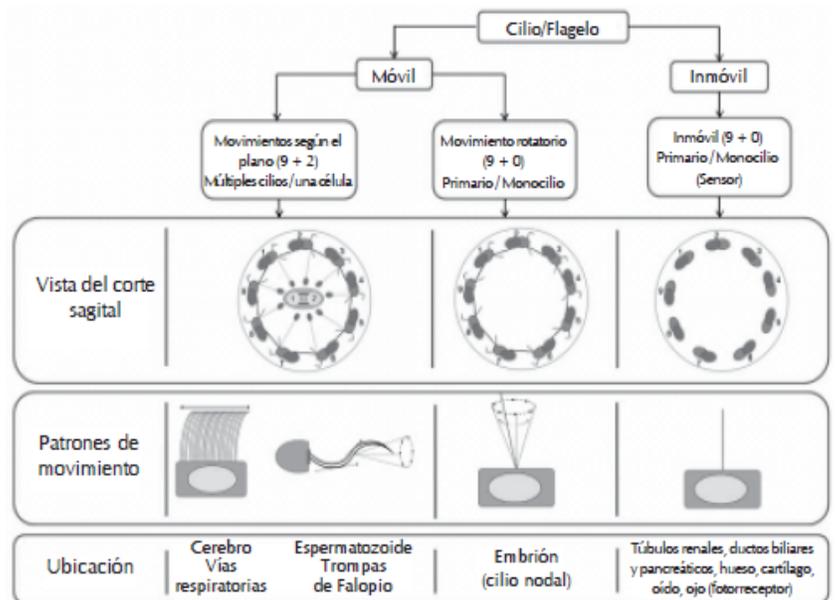
un cilio se determina como 9+2, estructura que le proporciona movimiento. También pueden encontrarse cilios con estructura 9+0, es decir, que carece de la pareja de proteínas en el centro, estructura que en ocasiones determina su inmovilidad, como los cilios del vestíbulo del oído (figura 3 y 4). Los cilios también pueden exhibir función sensorial y mecánica, lo cual ha atraído la atención recientemente.

Mientras que el flagelo (del latín *flagellum*, “látigo”), es una estructura que consiste en un filamento, una forma de gancho constituido de aproximadamente 20 proteínas y otras 30 de regulación y coordinación (figura 3). Su movimiento es semejante a una cuerda ondulante o un gran látigo, que lo usan como si fuera una cola, de aproximadamente 20 nanómetros (nm) de ancho y entre 15 a 20 micras ( $\mu$ ) de largo. Gira en ambos sentidos, gracias a un motor rotatorio, el movimiento va de

200 a 1,000 revoluciones por minuto (rpm) (Figura 4).

Como cualquier motor, requiere de energía (ATP). La energía química obtenida por el metabolismo celular que realizan células eucariontes y procariontes. Sin embargo, también existen cilios o flagelos inmóviles (Ortiz, 2004).

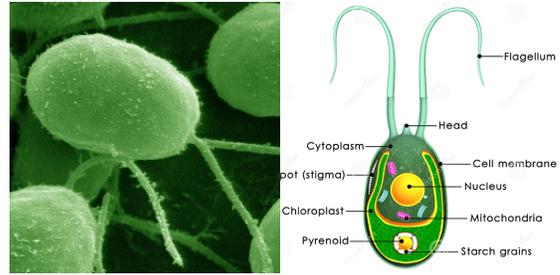
Los espermatozoides son el ejemplo más común de células con flagelo, son los más divergentes de todos los tipos de células, posiblemente porque su función está fuera del cuerpo, donde está expuesto a varias barreras ambientales físicas y químicas. Los espermatozoides de los mamíferos y de otros vertebrados, poseen estructuras accesorias



**Figura 4.** Tipos de cilios/flagelos en células de distintos tejidos con sus patrones de movimiento. Tomado de Góngora, et al., 2016.

entre el axonema<sup>3</sup> y la membrana plasmática, tales como mitocondrias. Estas últimas proporcionan el ATP para la motilidad de dicho flagelo. Se han reportado que mutaciones en los genes que producen las proteínas del flagelo se relaciona con la enfermedad que reduce la motilidad del flagelo y la astenozoospermia<sup>4</sup> en humanos (Sánchez, 2014).

Otro ejemplo es *Chlamydomonas*, un alga verde unicelular con presencia de flagelos que habita en agua dulce u océanos (Figura 5). Por último, el caso de una especie que para reproducirse forma de 4 a 32 gametos flagelados que se liberan al agua donde ocurre la formación del cigoto. Hoy en día, dicha especie es utilizada en biología molecular como modelo para el estudio del movimiento flagelar.



**Figura 5.** a) Izq. Esquema que ejemplifica las estructura de *Chlamydomonas*. Der. b) Microfotografía de dicho protista (ver flagelos) Tomado de: <https://estructurayfuncioncelularbacteriana.wikispaces.com/Flagelos>

Entonces, no existe diferencia básica entre los flagelos y los cilios eucariontes. Por lo general, se denominan flagelos si son largos (hasta 1 mm o más) y escasos, como las colas de los espermatozoides. Y son cilios si son cortos (entre 2 a 10  $\mu\text{m}$  de largo) y abundantes, como los que brotan de la superficie de las células en la tráquea y en los conductos nasales.

#### IV. ¿Cómo se mueven las células?

Los cilios y flagelos han tenido un papel primordial en la historia de la biología celular, al ser las primeras estructuras observadas, dato registrado por Van Leeuwenhoek en 1676. Ambas estructuras con características móviles, impulsan a la célula a través del medio o del fluido, si la célula está fija, se mueven las partículas de su entorno. Los cilios, posicionados a manera de “fila”, suministran una fuerza paralela a la membrana, su movimiento se asemeja al movimiento de los brazos de un nadador cuando su avance en el agua es por la técnica de pecho; los flagelos tienen un movimiento ondulatorio que proporciona propulsión continua y perpendicular

<sup>3</sup> El axonema se compone de más de 130 polipéptidos, por lo tanto, hay cientos de genes que intervienen en la expresión de estas proteínas, donde la mutación de alguno de ellos provocaría la disfuncionalidad ciliar.

<sup>4</sup> Disminución del porcentaje de espermatozoides móviles en una muestra seminal, complica la fertilidad debido a que impide su desplazamiento hasta el óvulo.

a la membrana, similar al movimiento de un bote cuyo motor ejerce una fuerza cuya propulsión es para adelante (Figura 6).

La principal función de los cilios es la motilidad, como la propulsión de fluidos extracelulares y la movilidad celular. Por citar algunos ejemplos en células eucariontes, las vellosidades del túbulo ovárico que mueven un óvulo del ovario al útero a través del líquido. Los cilios de la tráquea, causan el movimiento del mucus, lo que es esencial para mantener los conductos nasales y para despejar la garganta<sup>5</sup> (Figura 7a), es decir, los cilios mueven el moco a manera de escoba hacia la garganta para ser eliminado.

También existen organismos de vida libre como algunos protozoarios que tienen cilios y flagelos. Los protozoarios que estén recubiertos por cilios se les denomina ciliados, y si tienen flagelos, se denominan flagelados (Figura 7b).

Mientras que los flagelos son utilizados por células para propulsarse como los espermatozoides además de participar en la organización de la asimetría durante el desarrollo embrionario. Entonces, ¿qué ocurriría con las células si alguna de sus estructuras de motilidad fallara? y ¿cómo se explicaría el síndrome de Kartagener; la presencia de moco en las infecciones respiratorias; la esterilidad y anomalías como el *situs inversus*, donde los órganos asimétricos están situados en el sitio opuesto al habitual.

Sobre su origen, se considera que estas estructuras de movimiento posiblemente evolucionaron de los eucariontes primitivos, se especula, porque al ser cuerpos blandos no dejaron “huellas” de su existencia. Existe la teoría de que dichas estructuras surgieron de una relación simbiótica entre bacterias primitivas similares a las espiroquetas actuales con protistas heterotróficos.

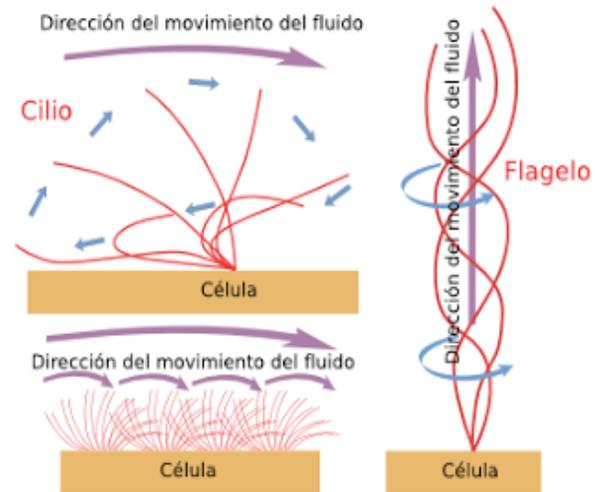


Figura 6. Representación del movimiento en un fluido de cilios y flagelos.

Tomado de: <https://www.slideshare.net>

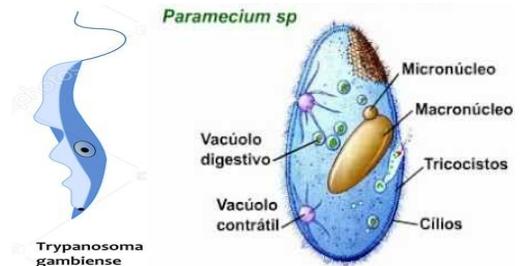


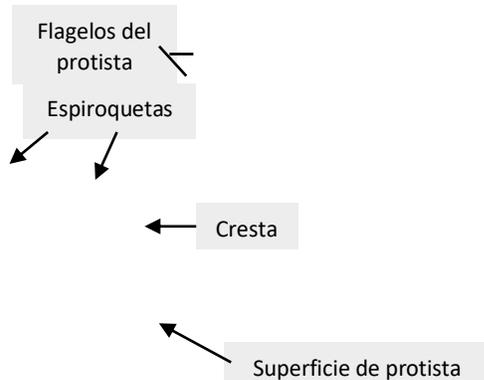
Figura 7. Arriba: a) Microfotografía de Cilios del epitelio respiratorio. Abajo: b) Ciliado (der.) flagelado (izq.)

Tomado de: <http://footage.framepool.com> <https://mx.depositphotos.com/>

entre bacterias primitivas similares a las

<sup>5</sup> Videos en: <http://footage.framepool.com/es/bin/2551702, tr%C3%A1quea,bacteria,respiratory+epithelium/> Consultado por última vez el 26 de octubre de 2017.

Dichas espiroquetas, se adhirieron a la superficie de sus protistas hospedadores con el fin de aprovechar el alimento excretado a través de la membrana externa de dichos protistas. Después de cierto tiempo, las células, gracias a su movimiento ondulante, comenzaron a propulsar a sus hospederos a través del medio acuoso.



**Figura 8.** Arriba: a) Esquema que muestra la relación entre protista y espiroqueta (bacteria). Abajo: b) Microfotografía de *Mixotricha*

Tomado de: <https://microbewiki.kenyon.edu> <http://www.bazardelbizarro.net>

*Mixotricha*, protista, es un ejemplo actual de dicha asociación. El organismo unicelular de vida libre, tiene flagelos con estructura similar a los actuales pero no tiene la función de movimiento, su impulso es por un millón de espiroquetas que viven en su superficie, y sus flagelos le sirven únicamente como “timón” para cambiar de dirección (Figura 8) (Margulis 2001).

## V. Información adicional: movimiento en células procariontes

Hace algunas décadas los humanos pudieron ver las células bacterianas, se sabía poco de cómo podían moverse o desplazarse para llegar a tantos lugares, siempre en búsqueda de condiciones favorables para la supervivencia. La complejidad del flagelo bacteriano se hace evidente por estudios genéticos, los cuales muestran que más de 40 productos génicos, como proteínas, participan en el ensamble y función de tales estructuras. Una de esas proteínas es la flagelina. Su estructura, de la misma forma que en las células eucariontes, tiene un cuerpo basal (con dos o un anillo) anclado a la membrana, un gancho y un filamento (figura 9).

Tipo 1

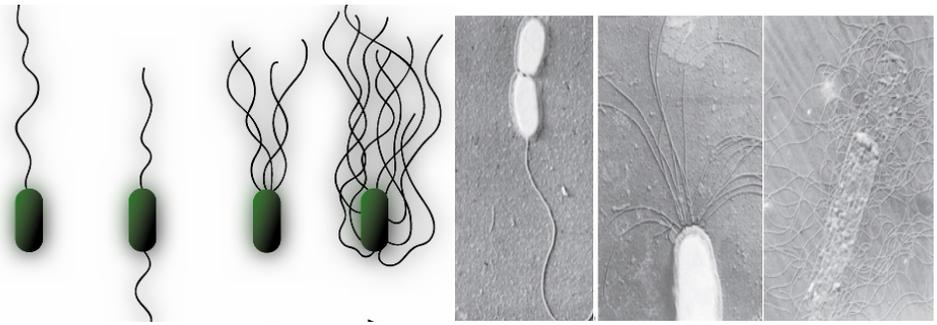
Tipo 2

Varias investigaciones demostraron que muchas bacterias tienen la capacidad de moverse y desplazarse, *Vibrio cholerae*, bacteria responsable de la infección por cólera, que se desplaza a velocidades de hasta 12mm por minuto. El movimiento de los flagelos también es por la oxidación de compuestos orgánicos, es decir, por el metabolismo bacteriano donde se obtiene ATP.

**Figura 9.** Esquema que ejemplifica las estructura del flagelo bacteriano: gancho y cuerpo basal. Der. a) Flagelo de bacterias con dos pares de anillos. Izq. b) Flagelo de bacterias con un par de anillos. Tomado de: <https://edisciplinas.usp.br/>

Pero en entornos alcalinos utiliza como energía el gradiente del sodio para hacer funcionar el motor flagelar; como fue revisado en el apartado de membrana celular. Los movimientos de las bacterias pueden ser por hierro, oxígeno o de luz, con la finalidad de obtener energía.

El movimiento de las bacterias dependerá de la distribución de dichos flagelos: a) en uno de los extremos (monotricos); b) en cada extremo (lofotricos); c) múltiples flagelos en un solo extremo (anfitricos); o d) flagelos distribuidos en toda la célula (peritricos) (Figura 10). En ocasiones, dichas estructuras de motilidad sirven para la adherencia, por ejemplo existen un grupo de bacterias denominadas espiroquetas que viven en el intestino de termitas y muestran una tendencia natural a adherirse a los objetos u organismos, y a moverse al unísono.



**Figura 10.** Der. a) Esquema que ilustra los cuatro tipos de distribución de flagelos en bacterias. Izq. b) Microfotografía de células bacterianas con tres tipos de distribución de sus flagelos (de izq. a der. monotrófico, lofotricos, peritricos)

Tomado de: Brooks, G., et al., 2011 y <http://www.wikiwand.com>

## Bibliografía

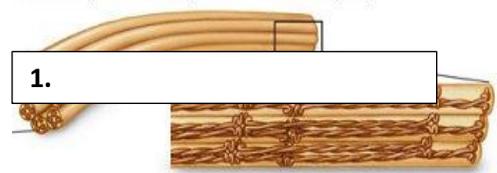
- Audesirk, T., et al., (2012), Biología. La vida en la Tierra, México, Pearson.
- Brook, G., et al., (2011), Microbiología médica, México, McGrawHill Interamericana.
- De Kruif, P., (1952), Los cazadores de microbios, México, Diana.
- Góngora, R. A., et al., (2016), *Infertilidad masculina causada por desinencia ciliar primaria. Síndrome de Kartagener*, Rev Hosp Jua Mex, vol. 83, num. 1 y 2, 41-51pp.
- Margulis, L., (2001), El origen de la célula, España, Reverte.
- Ortiz, A. (2001), *Cilios y Citogénesis*, Nefrología, vol. 24, num. 4, 307-311 pp.
- Sánchez, G. Y., (2014), *Y sin embargo... ¿se mueven?*, en Un mundo de bacterias, México, UNAM.
- Solomon, E., et al., (2001), Biología, México, McGraw-Hill Interamericana.
- Starr, C y R. Taggart, (2004), Biología. La unidad y diversidad de la vida. México, Thomson.

## Actividades de aprendizaje

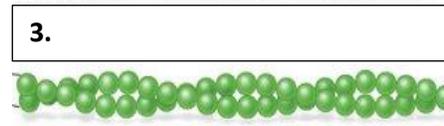
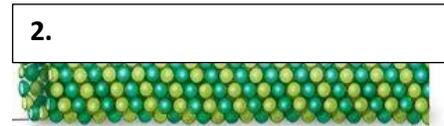
Instrucción. Lee con detenimiento lo solicitado en los punto 1 y 2, posteriormente responde.

1. Observa la siguiente imagen, lee los conceptos del recuadro y coloca en el espacio en blanco el nombre de la estructura señalada.

Filamentos intermedios, microtúbulo, centriolos, cinesina, microfilamentos, actina, miosina

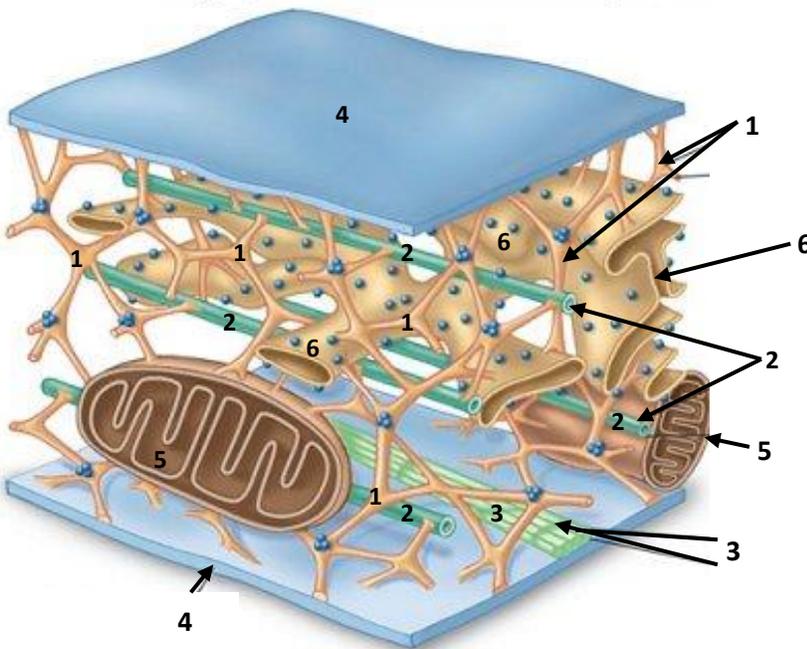


Intermediate filament



Actin filament

- 1.1 Lee la siguiente información y relaciona el número de la imagen con las opciones de respuesta (letras).



### Conceptos

- a) Retículo endoplásmico rugoso
- b) Filamentos intermedios
- c) Membrana celular
- d) Microtúbulos
- e) Microfilamentos
- f) Mitocondria

### Respuesta:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_

2. Con la información del texto anterior responde las siguientes preguntas:

a) En un caso hipotético de que la tráquea estuviera revestida con cilios rígidos ¿qué situaciones se generaría en relación a su función?

---

---

b) Si un hombre de 32 años tiene interés de iniciar una familia pero se le diagnosticó el síndrome Kartagener ¿cómo le explicarías la situación?

---

---

c) Sobre el caso del “bocado de ajo” ¿Cómo explicarías la relación entre la muerte del hombre de 76 de años y la presencia de colchicina en su estudio toxicológico?

---

---

d) Las descargas de aguas negras en los océanos son una fuente importante de contaminación de las zonas costeras, lo que representa un riesgo para la salud por la propagación de enfermedades infecciosas. Por ejemplo, el consumo de almejas consumidas directamente en su concha que puede estar implicadas en la transmisión de cólera, salmonelosis y otras enfermedades gastrointestinales. Se ha reportado que la bacteria *Vibrio cholerae* (*V. cholerae*), con flagelo monotrico, se aglutina en el tejido de dicho organismo. Mientras que el hábitat principal de bacterias del género *Salmonella* con flagelos peritricos, es el conducto intestinal de animales, por tanto, es común que los cuerpos acuícolas con asentamientos humanos se encuentre presencia de dichos tipos de bacterias.

Ante la situación, ¿cómo relacionarías la motilidad celular con *V. cholerae* y *Salmonella*?

---

---

e) Para ambos tipos de bacterias ¿cuál sería la importancia de sus flagelos en relación al hospedero?

---

---

## *Autoevaluación*

**Instrucción.** Lee los enunciados y coloca la letra correspondiente en el paréntesis.

1. Lee la información y relaciona ambas columnas.....( )

ENUNCIADOS	RESPUESTAS
a. Provocan movimiento en las trompas de Falopio que influye en el óvulo.	1. Flagelo
b. Estructura que consiste en un filamento largo en forma de gancho y un cuerpo basal anclado a la membrana o pared celular.	2. Cilio
c. Permite el movimiento del cilio y flagelo por la oxidación de moléculas biológicas como los carbohidratos.	3. 9 + 2
d. Conformación proteica del cilio o flagelo móvil.	4. ATP

- A) a2, b1, c4, d3
- B) a1, b2, c4, d3
- C) a4, b1, c3, d2
- D) a4, b2, c3, d1

2. Si en un cultivo de células de raíz de cebolla le añaden algunos mililitros de solución con colchicina ¿qué tipo de resultados encontrarías si observaras, con una preparación previa, algunas de esas células al microscopio?.....( )

- A) Distribución desigual de los cromosomas en células resultantes.
- B) Deformidad en la forma de todas las células del tejido.
- C) Alteraciones entre las uniones celulares y no se visualiza el tejido.
- D) La mayoría de las células están en fase de citocinesis.

3. En un caso hipotético de que se estuvieran observando células al microscopio y se detectaran vesículas de secreción sin movimiento a la membrana celular y organelos en movimiento constante, ¿qué componente del citoesqueleto posiblemente tiene alteraciones? .....( )

- A) Centriolos
- B) Microfilamentos
- C) Microtúbulos
- D) Filamentos intermedios

Respuestas:  
1(A), 2(A), 3(D)

Aprendizaje: Reconoce a la mitocondria y el cloroplasto como los principales organelos encargados de la transformación energética.

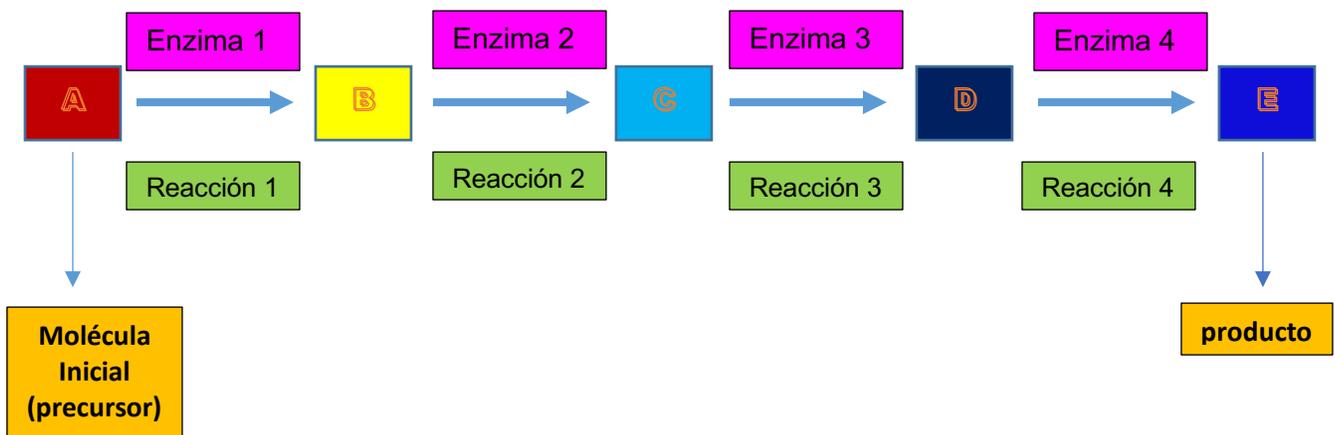
Tema 2: Estructura y función celular

Subtema 5: Transformación de energía

## Transformación de energía (mitocondria y respiración celular)

Miranda Herrera José Mario

Las células son verdaderas fábricas, en las que miles de transformaciones ocurren dentro de ellas, estas transformaciones son cientos de reacciones químicas, las que en conjunto se le denomina METABOLISMO. El metabolismo es una propiedad emergente de la vida que surge de las interacciones de las moléculas dentro del ambiente organizado de las células. El metabolismo en consecuencia es una serie de reacciones organizadas en rutas o vías metabólicas, las cuales podemos representar como una especie de mapa, en el cual los miles de reacciones celulares se relacionan en un complejo mapa en el que podemos distinguir a cada una de las rutas metabólicas, las cuales comienzan con una molécula específica y que tras una serie de transformaciones dan como resultado un producto determinado, cada paso de la vía es regulado por una enzima específica:



El metabolismo como un todo, maneja el material y los recursos energéticos de las células. Algunas rutas metabólicas, liberan energía degradando moléculas complejas a compuestos más simples. Esta clase de rutas se les denomina **catabólicas** o rutas de descomposición. Las rutas **anabólicas** por el contrario absorben energía para construir moléculas complejas a partir de una más simples, a esta clase de rutas también se les denomina biosintéticas. Ejemplo de una ruta catabólica, es la respiración celular y de anabolismo es la fotosíntesis. Rutas metabólicas que liberan y absorben energía y que impulsan el metabolismo y toda actividad celular. Dado que la energía es fundamental para todos los procesos metabólicos es importante conocer las estructuras celulares en donde se llevan a cabo las transformaciones de la energía.

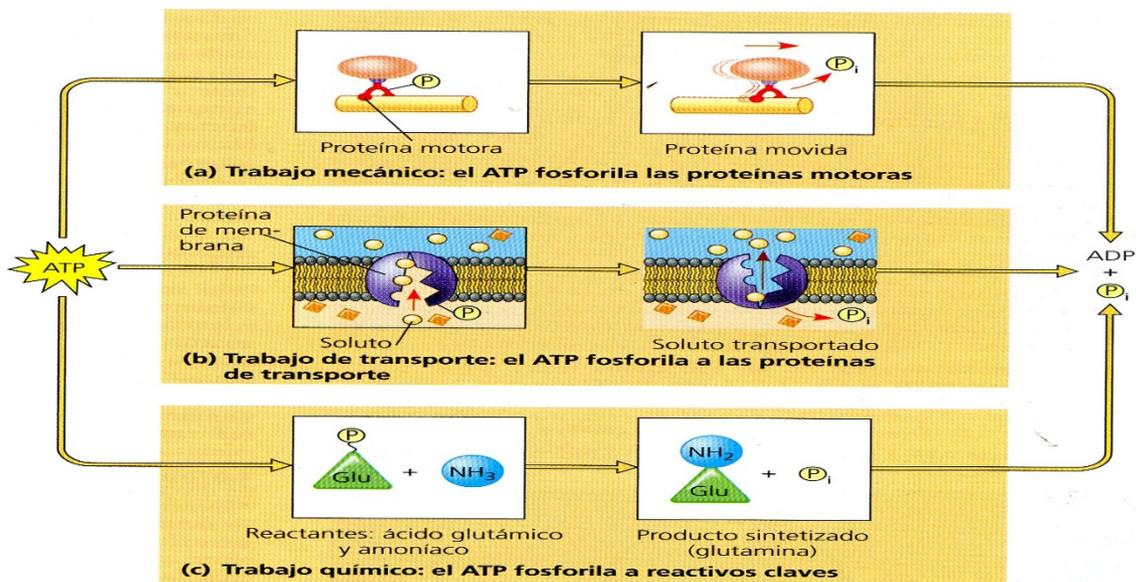
Las células transforman la energía que adquieren del exterior (de energía química a energía química y de energía radiante a energía química). En las células eucariontes, las mitocondrias

y los cloroplastos son las estructuras celulares que convierten la energía en formas que la célula puede utilizar para llevar a cabo su trabajo.

Una célula lleva a cabo tres principales tipos de trabajos:

- Trabajo mecánico, como el movimiento de los cilios y flagelos, las contracciones y distensiones de las células musculares, el movimiento de los cromosomas durante la división celular.
- Trabajo de transporte; como el bombeo de sustancias a través de las membranas contra un gradiente de concentración.
- Trabajo químico, como el impulso de las reacciones endergónicas, que no ocurrirían espontáneamente, como la síntesis de polímeros a partir de monómeros.

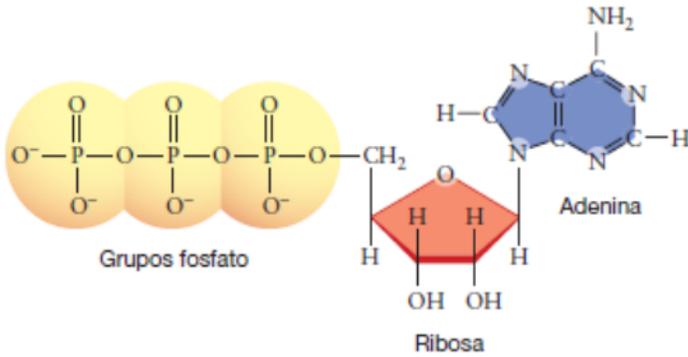
Una característica de la forma en que las células manejan sus recursos energéticos para efectuar el trabajo celular es el acoplamiento energético, el uso de un proceso exergónico para conducir a un proceso endergónico. El ATP es la molécula responsable de mediar la mayor parte del acoplamiento energético en las células y casi siempre actúa como la fuente inmediata de energía que impulsa el trabajo celular (Figura 1).



**Figura 1** Esquema que representa el trabajo mecánico, de transporte y químico donde interviene el ATP.

Tomada de: [http://www.interaula.com/versao1.3/biologia/bio00001\\_08.htm](http://www.interaula.com/versao1.3/biologia/bio00001_08.htm)

El ATP (Adenosin trifosfato), es un nucleótido, por lo tanto, está formado por un azúcar (ribosa), por una base nitrogenada (Adenina) y por tres grupos fosfato (Figura 2).

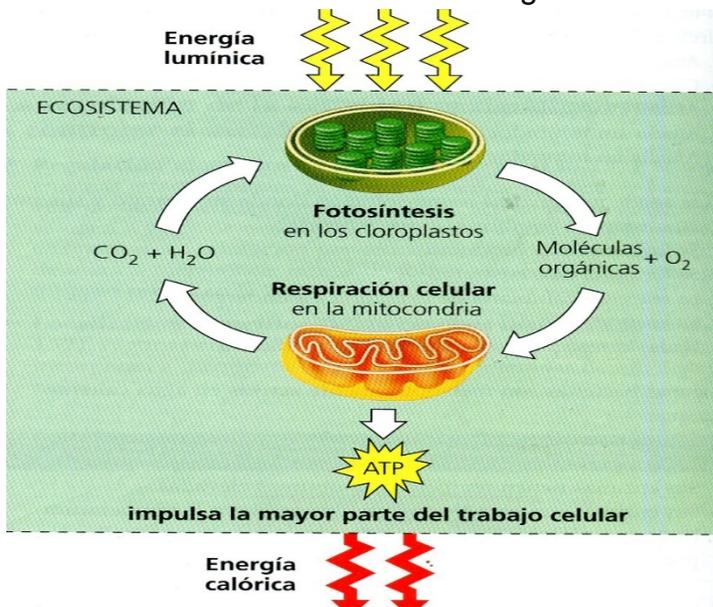


**Figura 2.** Esquema con las unidades mínimas que constituyen al ATP. Tomada de: <http://origins.swau.edu/papers/complexity/prokaryote/gifs/atp1.html>

La energía que se libera de la hidrólisis de un grupo fosfato es mayor en comparación con el resto de las moléculas celulares. Enlaces entre los grupos fosfato del ATP pueden romperse por hidrólisis. Cuando el enlace del fosfato terminal se rompe, una molécula de fosfato abandona el ATP, el cual se transforma en ADP. El ATP es útil para las células, por la energía que libera. Los tres tipos de trabajo celular (mecánico, de transporte y químico) casi siempre son

impulsados por la hidrólisis del ATP.

Las células vivas, como sistemas biológicos, requieren de aportes de energía desde fuentes externas para llevar a cabo sus múltiples tareas, estos aportes provienen esencialmente de los nutrientes, obtenidos a partir de los diferentes tipos de nutrición, tanto heterótrofa como autótrofa. La energía almacenada en las moléculas orgánicas (un tipo de nutrientes), en última instancia proviene del Sol. La **energía fluye** en un ecosistema (y en primera instancia de la biosfera), como energía radiante (lumínica) y sale como energía calorífica, habiendo en medio de estas transformaciones de energía radiante a energía química y de energía química a



**Figura 3.** Esquema que representa la relación entre los procesos de fotosíntesis y respiración celular. Tomada de: <http://fisiolvegetal.blogspot.mx/2012/11/la-fotosintesis-y-su-relacion-con-la.html>

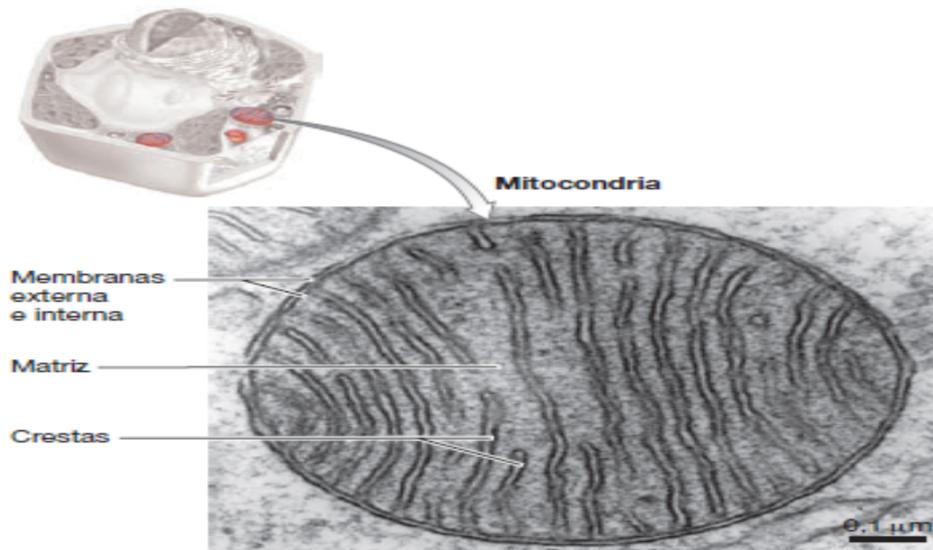
energía calorífica, por el contrario, la materia (elementos químicos esenciales para la vida) se **recicla**.

Estas transformaciones de materia y energía se llevan a cabo por medio de dos procesos muy importantes: fotosíntesis y respiración, los cuales se llevan a cabo en el cloroplasto y la mitocondria respectivamente (Figura 3).

Las mitocondrias son los sitios en donde ocurre la mayor parte de la respiración celular, el cual es el proceso metabólico que genera ATP extrayendo energía de los azúcares, grasas y otros combustibles con la ayuda del oxígeno. Por su parte los cloroplastos, que se encuentran solo en las plantas y en las algas son los sitios donde tiene lugar la fotosíntesis. Estos

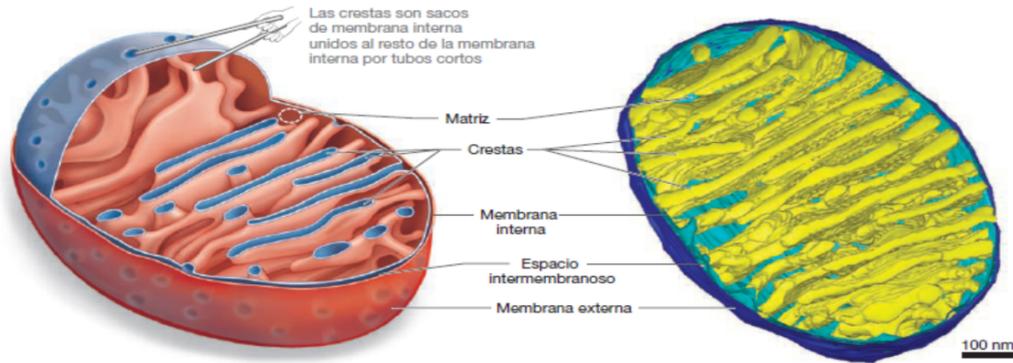
transforman la energía radiante en energía química, al absorber la luz y utilizarla para impulsar la síntesis de compuestos orgánicos como los azúcares a partir del dióxido de carbono y agua.

Las mitocondrias se encuentran en casi todas las células, entre ellas, las de las plantas, los animales, los hongos y los protocistas. Algunas células tienen una mitocondria única, de gran tamaño, pero normalmente una célula tiene cientos o incluso miles de mitocondrias; el número se correlaciona con el nivel de actividad metabólica. Las mitocondrias tienen entre 1 a 10 micrómetros de largo. La mitocondria está rodeada por dos membranas, cada una de ellas formada por una doble capa de fosfolípidos con una serie de proteínas específicas embebidas en las membranas (Figura 4). La membrana externa es lisa, pero la membrana interna tiene numerosos pliegues hacia el interior que se denominan crestas. La membrana interna divide a la mitocondria en dos compartimentos internos. El primero es el espacio intermembrana, una región estrecha entre las membranas interna y externa. El segundo compartimento, la matriz mitocondrial, está delimitada por la membrana interna (Figura 5).



**Figura 4.** Micrografía electrónica que ejemplifica la estructura de la mitocondria. Tomada de:  
<https://www.asturnatura.com/articulos/organulos-energeticos/mitocondria-estructura-composicion.php>

La matriz contiene muchas enzimas diferentes, así como DNA mitocondrial y ribosomas. Algunas de las reacciones metabólicas de la respiración celular son catalizadas por las enzimas de la matriz. Otras proteínas, que cumplen funciones en la respiración, incluida la enzima que produce ATP, están localizadas en la membrana interna. Al estar muy plegadas, las crestas proporcionan a la membrana mitocondrial interna una gran superficie para estas proteínas, aumentando así la productividad de la respiración celular.



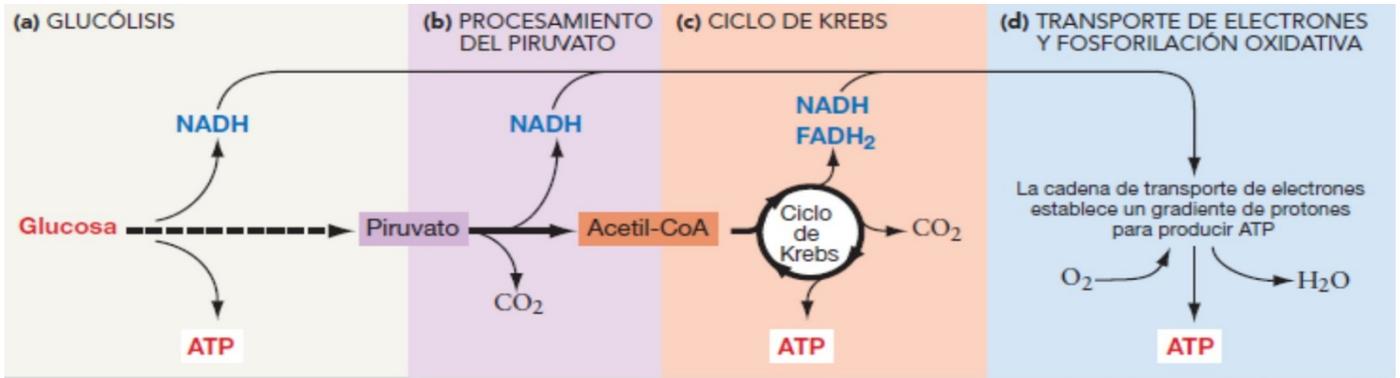
**Figura 5.** Representación gráfica de la estructura de la mitocondria.

<http://repasosdebiologia.blogspot.mx/2016/10/la-mitocondria-y-el-ciclo-de-krebs.html>

Respiración celular: Lo primero que hay que tomar en cuenta con respecto al procesamiento del combustible celular (glucosa) y la producción de energía química, contenida en la molécula de ATP en las células, es que, el proceso es muy dinámico. En general, una célula solo contiene el ATP necesario para durar de 30 segundos a unos pocos minutos. Como muchos otros procesos celulares, la producción y uso del ATP son rápidos. Un segundo punto que hay que considerar, es de donde procede la glucosa. La mayor parte de la glucosa es producida por las plantas y otras especies fotosintéticas, que usan la energía radiante para reducir el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) a azúcar. Cuando las especies fotosintéticas se descomponen o se ingieren, proporcionan el azúcar glucosa a los animales, a los hongos, y a muchas bacterias y arqueas.

Todos los organismos utilizan la glucosa como sillar en la síntesis de lípidos y azúcares y otros compuestos que almacenan energía. Cuando una célula necesita energía, utiliza la glucosa para producir ATP mediante los procesos llamados respiración celular y fermentación. Técnicamente la respiración celular se define incluyendo solamente los procesos que requieren  $\text{O}_2$ : el ciclo de Krebs y la fosforilación oxidativa, se incluye a la glucólisis, aunque no requiere  $\text{O}_2$ , porque la mayor parte de las células que respiran derivan la energía a partir de la glucosa y usan este proceso para producir materiales de partida para el ciclo de Krebs.

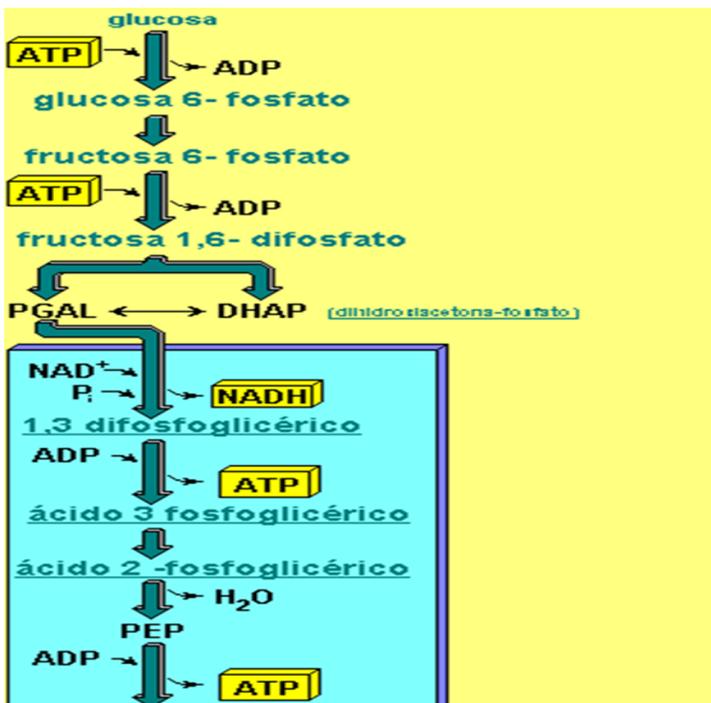
Algunos autores consideran que la respiración celular se lleva a cabo en tres etapas: 1) Glucólisis, 2) Ciclo de Krebs y 3) Fosforilación oxidativa (transporte de electrones y quimiosmosis). Otros autores consideran que se lleva a cabo en cuatro fases: 1) Glucólisis, 2) **procesamiento del piruvato**, 3) Ciclo de Krebs y 4) Fosforilación oxidativa (transporte de electrones y quimiosmosis) (Figura 6).



**Figura 6.** Esquema que representa los procesos metabólicos o etapas de la respiración celular.

Tomada de: <http://glucolisisproceso.blogspot.mx/>

Primera etapa de la respiración celular: GLUCÓLISIS. Los organismos utilizan el monosacárido glucosa como principal fuente de energía. En prácticamente todas las especies estudiadas hasta ahora, el primer paso de la oxidación de la glucosa es una secuencia de 10 reacciones químicas llamadas conjuntamente glucólisis (literalmente, ruptura de la molécula de glucosa), estas reacciones tienen lugar en el citosol celular (citoplasma). Durante la glucólisis, una molécula de glucosa, azúcar de seis carbonos, se descompone en dos moléculas de piruvato,



**Figura 7.** Esquema que representa de forma general las reacciones de la glucólisis. Tomado de:

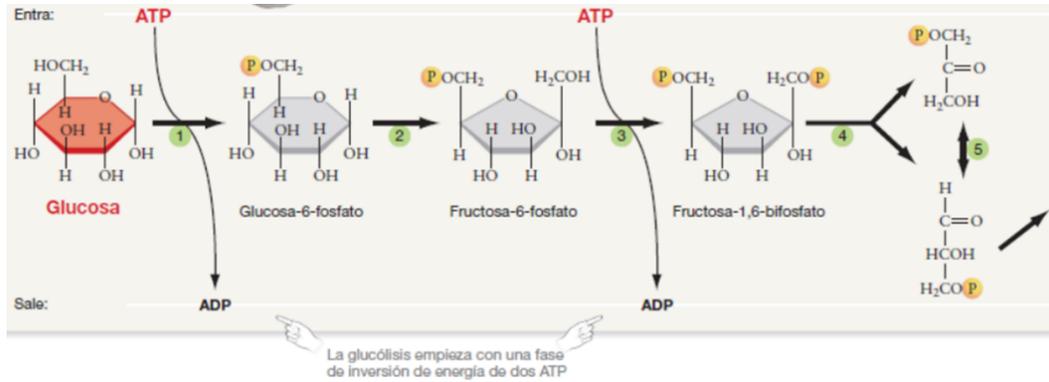
<http://www.botanica.cnba.uba.ar/Pakete/6to/Respiracion6to/Respiracion>

un compuesto de tres carbonos, parte de la energía potencial liberada por esta secuencia de reacciones se utiliza para fosforilar moléculas de ADP, formando así ATP. Además una de las reacciones de la secuencia reduce una molécula llamada nicotinamida adenin dinucleotido (NAD<sup>+</sup>). Durante el proceso se invierte ATP (2 moléculas), fase de inversión de la glucólisis y se producen cuatro moléculas de ATP (fase de ganancia total), con una ganancia neta de dos

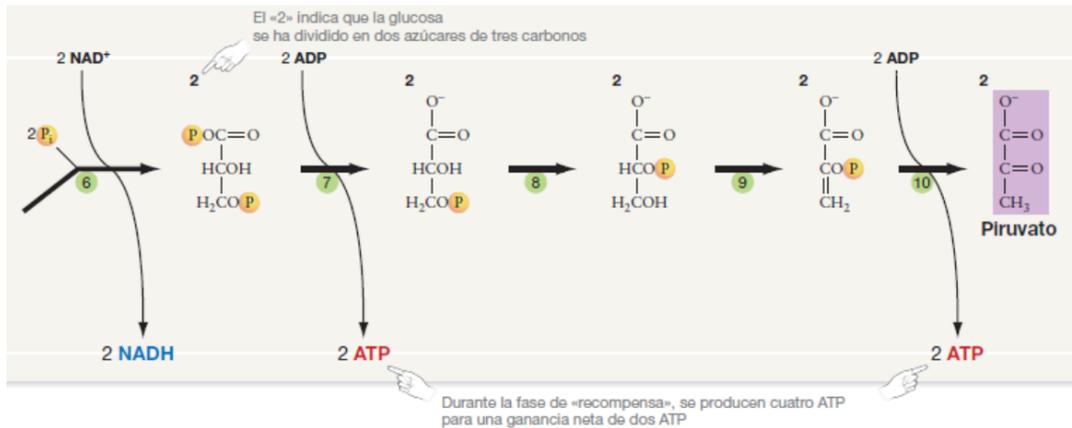
En la figura 7 se resumen los resultados de la glucólisis, observa los fondos ya que, indican las fases del proceso y que entra glucosa y salen ATP, NADH y piruvato.

En la figura 8 se observa cómo la glucosa es oxidada mediante la secuencia de 10 reacciones, formándose al final la molécula de piruvato. Cada reacción es catalizada por una enzima diferente.

Observa que en la fase de ganancia todo se multiplica por dos.



### Fase de inversión

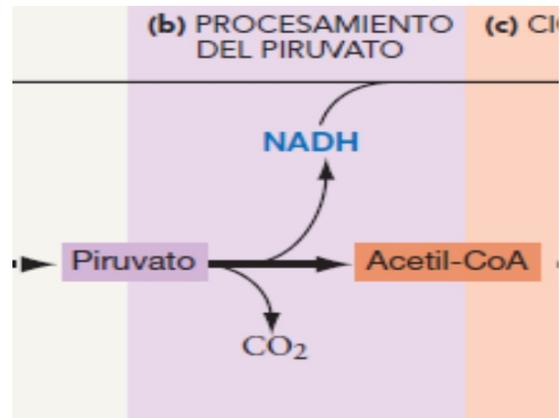


**Figura 8.** Esquema que representa las diez reacciones de la glucólisis, el producto final de las mismas son dos moléculas de piruvato.

<https://es.khanacademy.org/science/biology/cellular-respiration-and-fermentation/glycolysis/a/glycolysis>, <https://es.slideshare.net/Felipushabilis/glucolisis-20225046>

### Fase de ganancia

Las siguientes etapas de la respiración celular se llevan a cabo en la **mitocondria**. La segunda etapa es **procesar el piruvato**, si un receptor de electrones como el  $\text{O}_2$  está presente en la célula, el piruvato se somete a una serie de reacciones que resultan en la molécula de Acetil CoA. Estas reacciones redox tienen dos resultados: 1) si sintetiza otra molécula de NADH y 2) uno de los tres átomos de carbono del piruvato se oxida a dióxido de carbono (se produce una descarboxilación) (Figuro 9). En los eucariontes, el procesamiento de piruvato se produce en la matriz mitocondrial.



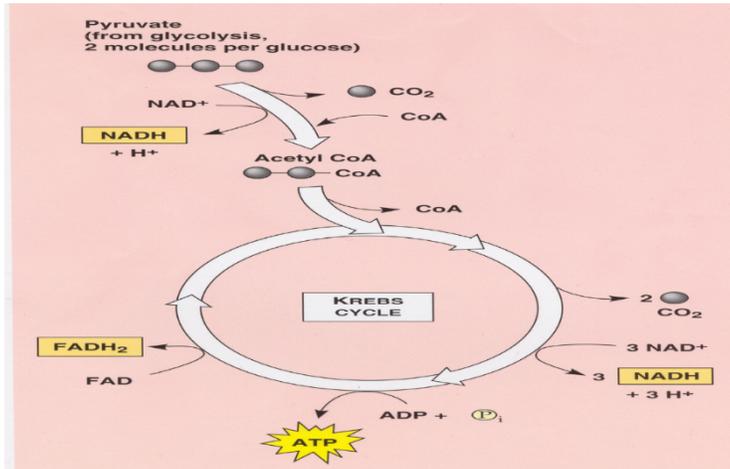
**Figura 9.** Esquema general de la formación de la molécula Acetil CoA.

La tercera fase de la respiración celular es el **Ciclo de Krebs** o del ácido cítrico o de los ácidos tricarbónicos. El Acetil CoA producido por el procesamiento del piruvato participa en una serie de 8 reacciones, denominadas Ciclo de Krebs, en honor a su descubridor Hans Krebs (Figura 10). Las enzimas del Ciclo de Krebs están contenidas en las mitocondrias. Algunas de esas enzimas están en la matriz, mientras que otras están asociadas a la superficie de la membrana interna.

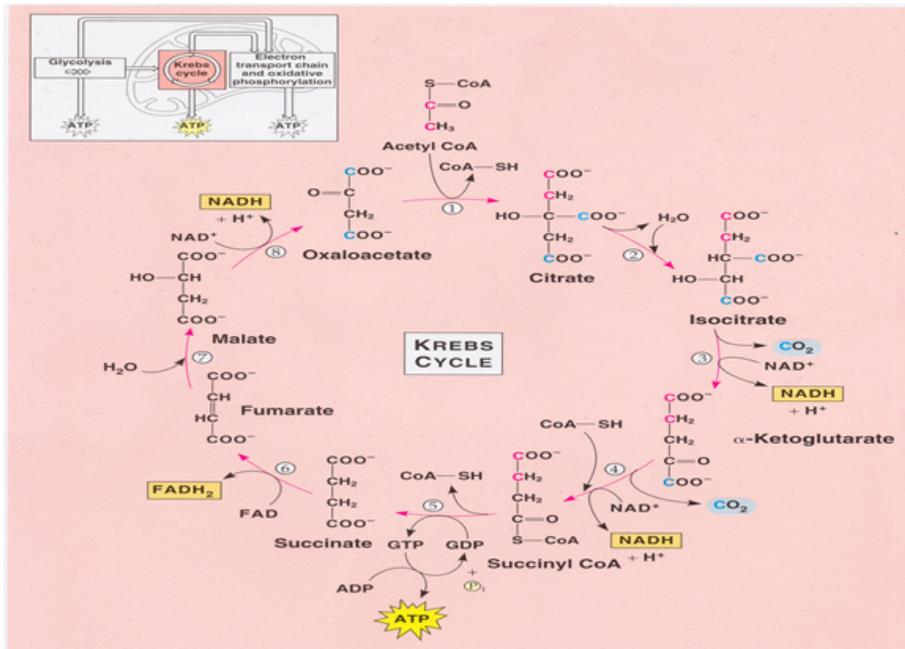


**Figura 10.** Hans Krebs. Tomada:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Hans\\_Adolf\\_Krebs](https://es.wikipedia.org/wiki/Hans_Adolf_Krebs)



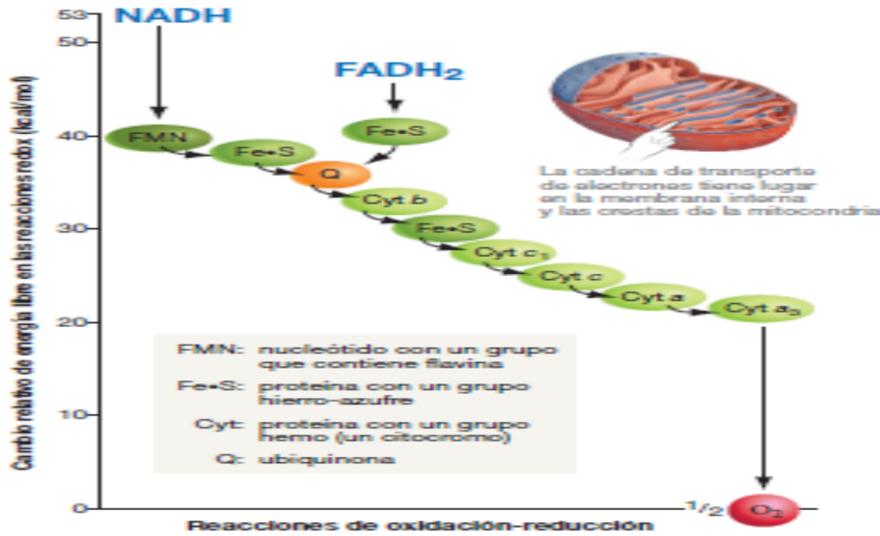
Durante el ciclo de Krebs, cada molécula de Acetil CoA se oxida en dos moléculas de CO<sub>2</sub>. Parte de la energía potencial liberada por estas reacciones se utiliza para 1) reducir el NAD<sup>+</sup> a NADH; 2) reducir otro transportador de electrones, llamado flavin adenin dinucleótido (FAD) a FADH<sub>2</sub>; y fosforilar el ADP para formar ATP (Figura 11).



**Figura 11.** Esquema que representa las reacciones del Ciclo de Krebs. Tomada:

<http://ibcbioquimica.blogspot.mx/2012/04/ciclo-de-krebs.html>

Al completarse el ciclo de Krebs, la glucosa se ha oxidado por completo a CO<sub>2</sub>. No obstante, esta observación suscita arias preguntas. De acuerdo con la reacción global de la oxidación de la glucosa:  $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \longrightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O + \text{energía}$ , el O<sub>2</sub> molecular es un reactante. ¿Dónde interviene el oxígeno? ¿y qué les sucede a todos los electrones transferidos desde la glucosa al NADH y al FAH<sub>2</sub>?

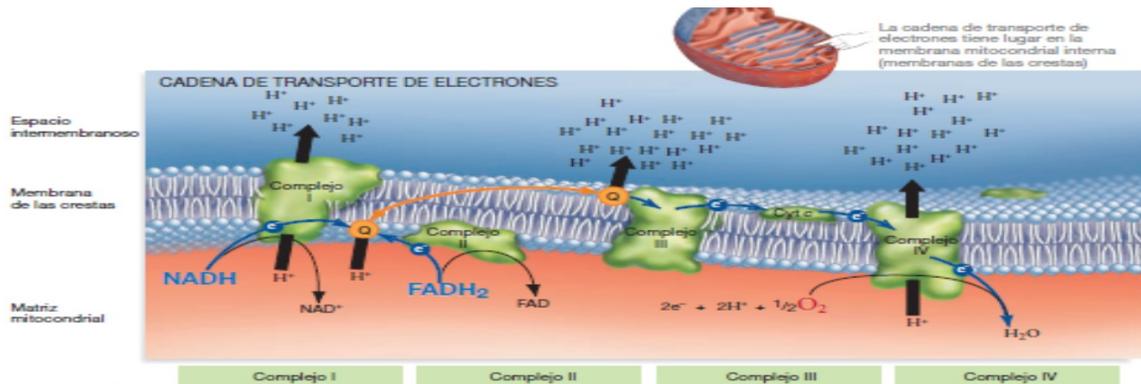


La cuarta y última etapa de la respiración celular es la Cadena Transportadora de electrones. En las células, la alta energía potencial de los electrones transportados por el NADH y el FADH<sub>2</sub> “desciende” gradualmente gracias a moléculas que participan en una serie de reacciones redox. Dicho de otro modo, la energía potencial de los

**Figura 12.** Esquema que representa el movimiento de electrones gracias a un proceso de oxidoreducción. Tomada: <http://www.davidfunesbiomed.es/2016/06/respiracion-celular-ii-fosforilacion.html>

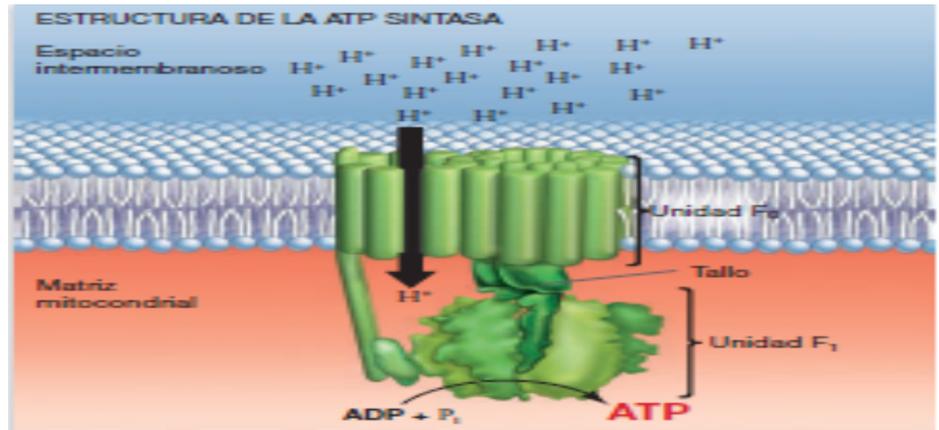
electrones disminuye gradualmente mediante una serie de reacciones paso a paso (Figura 12).

Las proteínas que participan en las reacciones redox forman lo que se conoce como **cadena transportadora de electrones (CTE)**. A medida que los electrones pasan por la cadena de transporte, su energía potencial disminuye gradualmente. Las proteínas de la CTE están situadas en la membrana interna de las mitocondrias.



**Figura 13.** Esquema que representa el movimiento de electrones a través de la cadena transportadora, proceso que se realiza en la membrana interna de la mitocondria. Tomada: <http://energiayconsumo16in.blogspot.mx/2016/04/fosforilacion-oxidativa-y-cadena.html>

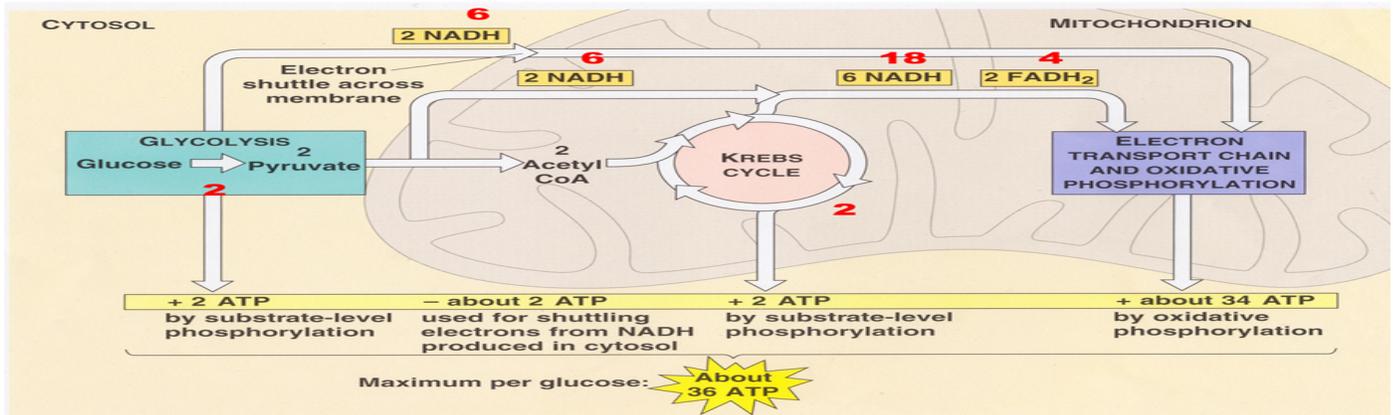
La transferencia de un electrón a cada molécula de la CTE cambia la forma y la actividad de la molécula. En varios casos, la molécula que recibe el electrón responde cambiando de forma tal manera que transfiere un protón ( $H^+$ ) a través de la membrana interna de la mitocondria al espacio intermembranal. Esto es muy importante. En efecto, el movimiento de electrones a través de la cadena resulta en el bombeo de protones fuera de la membrana. La concentración de  $H^+$  resultante provoca un gradiente electroquímico en la membrana mitocondrial. El gradiente conduce los  $H^+$  a través de una proteína de la membrana llamada ATP sintasa. La fuerza generada por el flujo de  $H^+$  a través de la ATP sintasa hace que parte de la proteína gire. Este cambio de forma provoca la fosforilación del ADP. Así pues, la secuencia de reacciones redox en la cadena de transporte de electrones resulta indirectamente en la producción de ATP (Figura 14).



**Figura 14.** Esquema que representa el paso de protones ( $H^+$ ) a través de la ATP sintetasa, proceso que favorece la formación de ATP. Tomada de: <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num1/art03/>

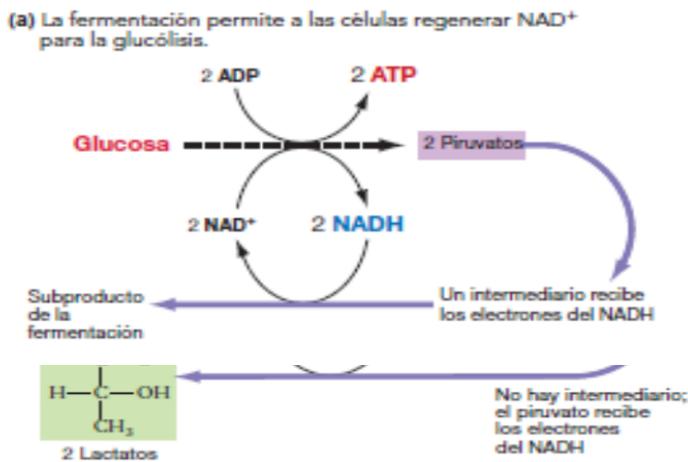
En resumen, una serie de reacciones redox permiten a las proteínas de la cadena transportadora de electrones bombear  $H^+$  a través de la membrana interna de las mitocondrias. Cuando los  $H^+$  vuelven a fluir por la membrana a través de la ATP sintasa, se sintetiza ATP a partir del ADP. Una vez que los electrones donados por el NADH y el  $FADH_2$  han pasado la cadena de transporte de electrones, se transfieren a un receptor final de electrones, que en muchos organismos es el  $O_2$ .

El balance energético es de 36 a 38 moléculas de ATP producidas, por molécula de glucosa. A continuación, se presenta el balance final. En la imagen hay números cerca de las coenzimas y en lugares donde se reducen, y representan, el número de ATPs producidos por molécula de NADH o  $FADH_2$ . (Figura 15).



**Figura 15.** Esquema que muestra el balance final de los ATPs obtenidos por el número de coenzimas reducidas en cada uno de los procesos de la respiración celular. Tomada de: <http://cuadrocomparativo.org/cuadros-sinopticos-sobre-respiracion-celular/>

La fermentación es una vía metabólica que regenera el NAD<sup>+</sup> a partir de los depósitos de NADH y permite a la glucólisis siga produciendo ATP en ausencia del receptor de electrones requerido en la CTE (O<sub>2</sub>). Esto tiene lugar cuando el piruvato o una molécula derivada del piruvato, y no el oxígeno, acepta electrones del NADH. Cuando el NADH se libera de los electrones, se produce NAD<sup>+</sup>. Con el NAD<sup>+</sup> presente, la glucólisis puede seguir produciendo ATP mediante la fosforilación a nivel de sustrato y la célula puede seguir viviendo.



**Figura 16.** Esquema que representa la reacción general de la fermentación. Tomada de: <https://curiosoando.com/que-diferencia-fermentacion-y-respiracion>

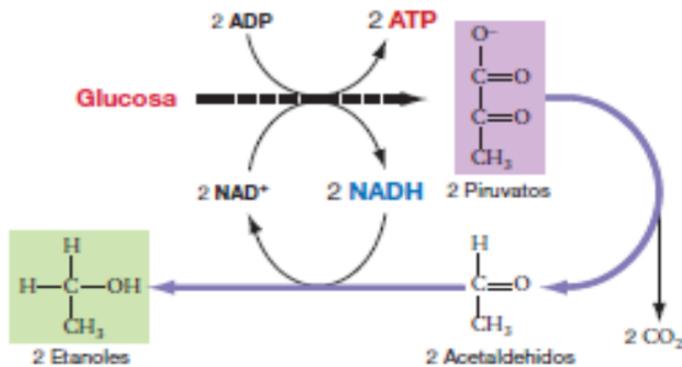
En los organismos que utilizan O<sub>2</sub> como receptor de electrones, la fermentación es una forma alternativa de producir energía cuando se agota el O<sub>2</sub> temporalmente. Por ejemplo, en las células del tejido muscular. Cuando no hay O<sub>2</sub> suficiente, las cadenas transportadoras de electrones se paran y el NADH no puede donar sus electrones allí. Entonces el piruvato producido por la glucólisis empieza a aceptar los electrones del NADH, y tiene lugar la fermentación (Figura 16). El resultado de este proceso, llamado fermentación del ácido láctico, es la formación de una molécula producto llamado lactato y la regeneración del NAD<sup>+</sup> (Figura 17b).

Existe otro tipo de fermentación denominado fermentación alcohólica, el cual tiene lugar las levaduras (hongo unicelular). Cuando las células de este hongo consumen todo el  $O_2$  disponible, continúan llevando a cabo la glucólisis para metabolizar los azúcares, convirtiendo mediante una enzima el piruvato en acetaldehído, un compuesto de dos carbonos. Esta reacción desprende  $CO_2$ . A continuación, el acetaldehído acepta los electrones del NADH, formando  $NAD^+$  necesario para que continúe produciéndose la glucólisis. La adición de electrones al acetaldehído resulta en la formación de etanol como producto de desecho (Figura 17c).

## I. Transformación de energía (cloroplasto y fotosíntesis)

Al igual que la respiración celular, la fotosíntesis implica dos transformaciones: de energía y materia. La fotosíntesis puede definirse como un proceso anabólico que se produce en los **cloroplastos** y en el que la energía luminosa es transformada en energía química que posteriormente será empleada para la fabricación de sustancias orgánicas a partir de sustancias inorgánicas.

(c) La fermentación alcohólica se produce en las levaduras.



**Figura 17.** Esquema que representa las reacciones de la fermentación láctica y alcohólica. Tomadas de: [https://www.ecured.cu/Fermentaci%C3%B3n\\_l%C3%A1ctica](https://www.ecured.cu/Fermentaci%C3%B3n_l%C3%A1ctica) y <http://mariadoloresgago.blogia.com/2013/021301-fermentacion-alcoholica-y->

La fotosíntesis puede definirse como un proceso anabólico que se produce en los **cloroplastos** y en el que la energía luminosa es transformada en energía química que posteriormente será empleada para la fabricación de sustancias orgánicas a partir de sustancias inorgánicas.

En la fotosíntesis se van a producir los siguientes procesos:

1º) Captación por las clorofilas y otros pigmentos fotosintéticos de la energía luminosa y su transformación en energía química contenida en el ATP.

2º) Obtención de electrones a partir del agua. Estos electrones, convenientemente activados por la energía luminosa, servirán para reducir  $NADP^+$ .

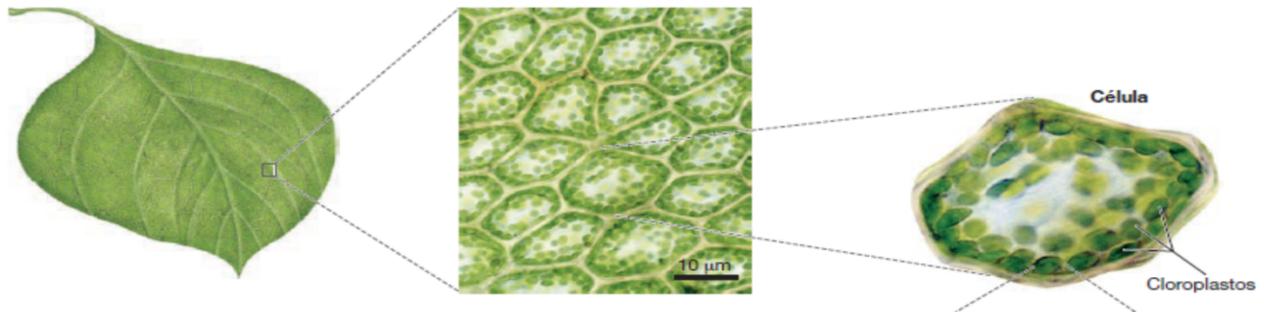
3º) Incorporación del carbono del  $CO_2$  a las cadenas carbonadas.

4º) Reducción por el NADPH del carbono incorporado y síntesis de compuestos orgánicos.

5º) Reducción de otras sustancias inorgánicas (nitratos, nitritos, sulfatos, etc.) para su incorporación a las cadenas carbonadas.

Comenzaremos a hablar de los cloroplastos. Todas las partes verdes de una planta, incluidos los tallos verdes y los frutos inmaduros, tienen cloroplastos, pero las hojas son los principales sitios de fotosíntesis. Hay alrededor de medio millón de cloroplastos por milímetro cuadrado de superficie de hoja (Figura 18).

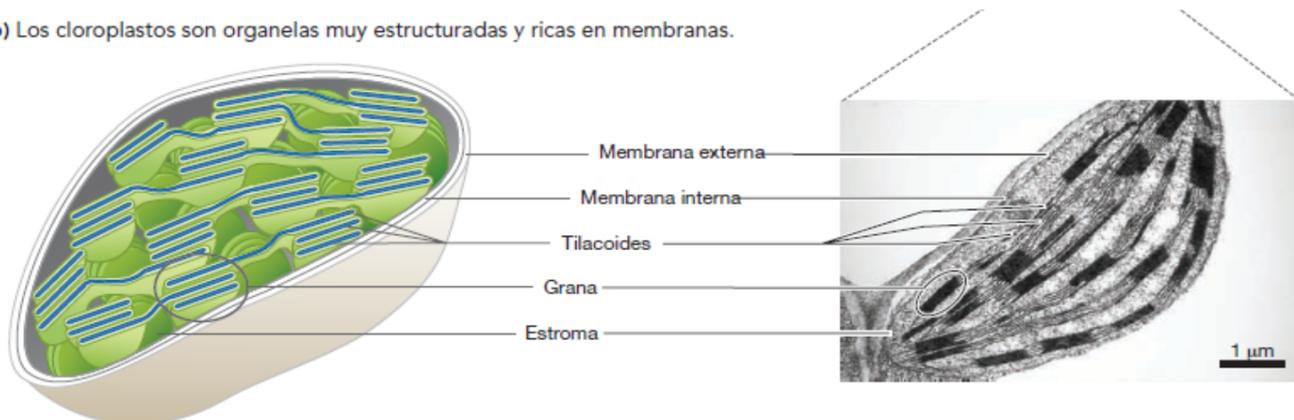
(a) Las hojas contienen millones de cloroplastos.



**Figura 18.** Imagen que muestra a manera de ejemplo, los cloroplastos localizados en el interior de la célula vegetal, que forma parte del tejido de la hoja de una planta. Tomada de: <http://lafotositesisjimmyrada.blogspot.mx/2015/05/la-fotosintesis.html>

El color de la hoja proviene de la clorofila, el pigmento verde ubicado dentro de los cloroplastos. Características: Son orgánulos muy variables en cuanto a número, forma y tamaño. Así, por ejemplo, las células de ciertas algas filamentosas tienen uno o dos únicos cloroplastos; otras, como la planta acuática elodea, tienen numerosos cloroplastos. Su forma es, normalmente, de lente biconvexa, pero pueden ser también estrellados o con forma de cinta enrollada en hélice. Cada cloroplasto mide alrededor de 2 – 4 micrómetros por 4 – 7 (Figura 19).

(b) Los cloroplastos son organelas muy estructuradas y ricas en membranas.



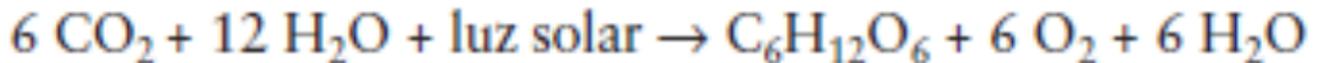
**Figura 19.** Izq. Esquema que representa la estructura de un cloroplasto. Der. Micrografía de la estructura interna del cloroplasto. Tomada de: <http://www.udg.co.cu/cmap/botanica/Cloroplastos.htm>

Ultraestructura: Es difícil observar su estructura al microscopio óptico. Al MET (microscopio electrónico de transmisión) se observa una membrana externa y otra interna separadas por un espacio intermembrana. En el interior se ven unas estructuras alargadas formadas por membranas llamadas láminas o lamelas. Sobre ellas se ven las granas, que son unos repliegues, formados también por membranas, que se disponen unos encima de otros. Todo este conjunto de membranas internas recibe el nombre de tilacoides; pudiéndose distinguir los tilacoides de las granas y los tilacoides de las láminas. Existe además un contenido interno: el estroma, en el que hay DNA similar al de las células procariotas, ribosomas (plastorribosomas) y acumulaciones de almidón, proteínas y lípidos.

La fotosíntesis, en su conjunto, es un proceso **redox** en el que el  $\text{CO}_2$  y otras sustancias inorgánicas son reducidas e incorporadas en las cadenas carbonada. Aunque son muchas las sustancias orgánicas que se forman en el cloroplasto, la que se forma en mayor cantidad es la glucosa. Por esto la ecuación global de la síntesis de glucosa en el cloroplasto se considera como la ecuación global de la fotosíntesis



O bien:

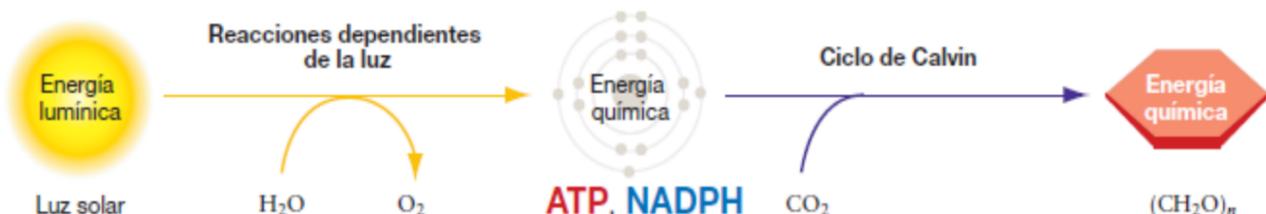


Las consecuencias de la fotosíntesis son de gran importancia para los seres vivos. Así:

1ª) Todos o casi todos los seres vivos dependen, directa o indirectamente, de la fotosíntesis para la obtención de sustancias orgánicas y energía.

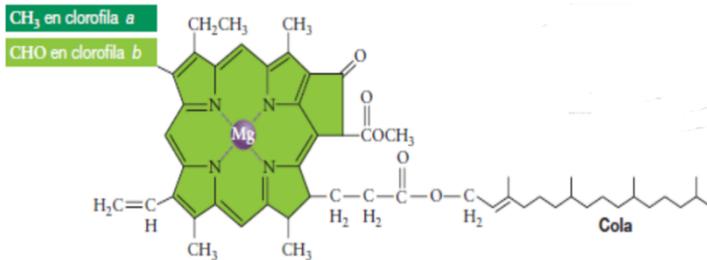
2ª) A partir de la fotosíntesis se obtiene  $\text{O}_2$ . Este oxígeno, formado por los seres vivos, transformó la primitiva atmósfera de la Tierra e hizo posible la existencia de los organismos heterótrofos aeróbicos.

La ecuación de la fotosíntesis es un resumen simple de un proceso complejo. En realidad, la fotosíntesis no es un proceso único, sino dos procesos, cada uno con múltiples pasos. Estas dos etapas de la fotosíntesis se conocen como las reacciones dependientes de la luz o fase luminosa o fotoquímica (la parte foto de la fotosíntesis) y las reacciones independientes de la luz o fase oscura o ciclo de Calvin (la parte de síntesis) (Figura 20).



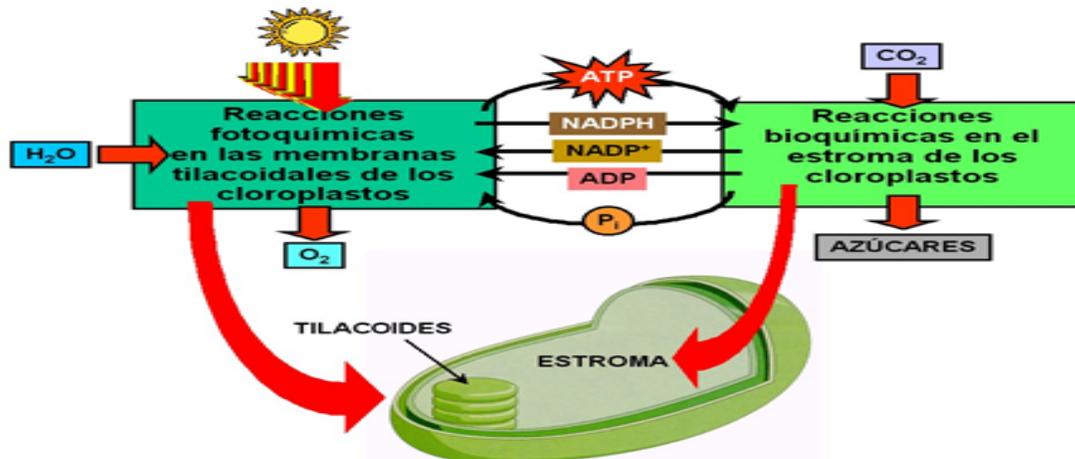
**Figura 20.** Reacciones generales de la fotosíntesis. Izq. Reacciones dependientes de la luz. Der. Reacciones independientes de la luz. Tomada de: <http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/Fotosintesis.htm>

## II. 1 Reacciones dependientes de la luz



**Figura 21.** Esquema que representa la estructura de la molécula de clorofila. Tomada de: [tercerobiobgu.blogspot.mx/2014/10/fases-de-la-fotosintesis.html](http://tercerobiobgu.blogspot.mx/2014/10/fases-de-la-fotosintesis.html)

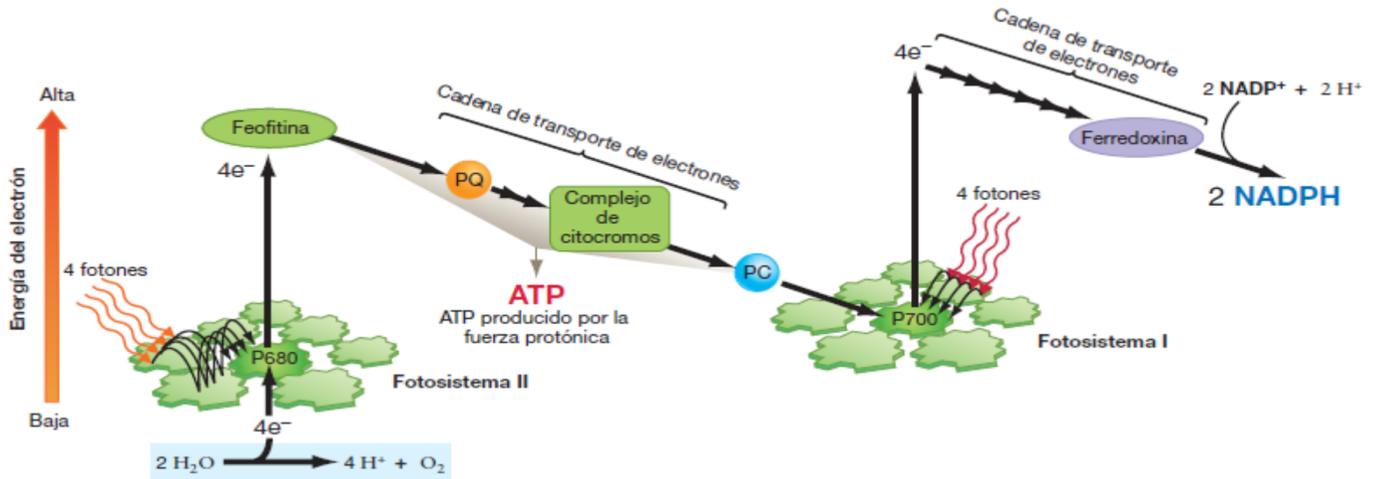
Se realiza en la membrana de los tilacoides. Consiste en un transporte de electrones, desencadenado por fotones, con síntesis de ATP y de NADPH + H<sup>+</sup>. Las reacciones dependientes de la luz son pasos de la fotosíntesis que convierten la energía luminosa en energía química. La luz absorbida por los pigmentos fotosintéticos, principalmente clorofila, (Figura 21), que impulsan una transferencia de electrones y de hidrógeno desde el agua hasta un aceptor denominado NADP<sup>+</sup> (nicotinamida adenin dinucleotido fosfato), que almacena temporalmente los electrones energizados. El agua es escindida en el proceso y, por tanto, son las reacciones de la fase luminosa de la fotosíntesis las que liberan O<sub>2</sub> como subproducto. El aceptor de electrones de las reacciones independientes de la luz, NADP<sup>+</sup> es un NAD<sup>+</sup>, que funciona como transportador de electrones en la respiración celular (Figura 22).



**Figura 22.** Esquema que representa de forma general las reacciones dependientes de la luz y su relación con las independientes de la luz. Tomada de: [tercerobiobgu.blogspot.mx/2014/10/fases-de-la-fotosintesis.html](http://tercerobiobgu.blogspot.mx/2014/10/fases-de-la-fotosintesis.html)

Las dos moléculas, difieren solo por la presencia de un grupo fosfato extra en la molécula de NADP<sup>+</sup>. Las reacciones de la fase luminosa utilizan la energía radiante para reducir el NADP<sup>+</sup> a NADPH agregando un par de electrones junto con un núcleo de hidrógeno o H<sup>+</sup>. Las reacciones independientes de la luz también generan ATP, utilizando la quimiósmosis para impulsar la adición de un grupo fosfato al ADP, un proceso denominado fotofosforilación. Por tanto, al principio la energía lumínica es convertida en energía química en forma de dos compuestos: el NADPH, una fuente de electrones energizados (“poder reductor”) y ATP, la molécula circulante de energía en las células.

En la membrana de los tilacoides, el cual tiene una estructura de doble capa o membrana unitaria. Integradas en esta doble capa están determinadas sustancias muy importantes en el proceso de la fotosíntesis y en particular los fotosistemas I y II, las ATPasas y los citocromos (Figura 23).

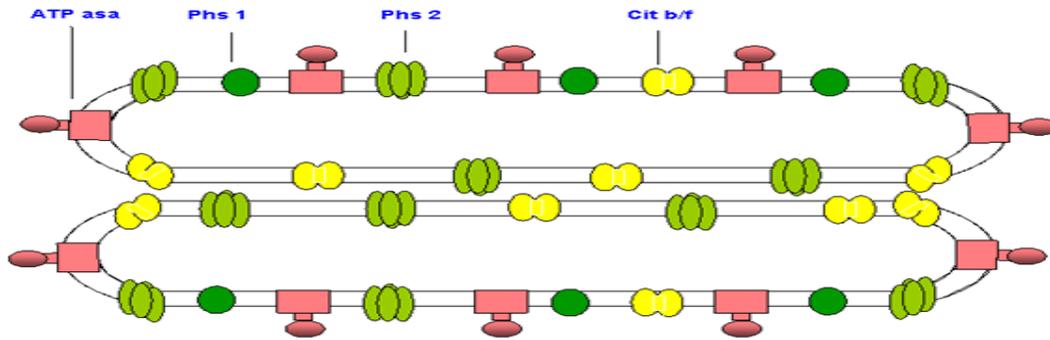


**Figura 23.** Esquema que representa el proceso en los fotosistemas II y I donde se obtiene el ATP y la coenzima NADPH, respectivamente. Proceso iniciado con la recepción de los fotones de la luz solar y la fotólisis del agua. Tomada de: <http://fisiolvegetal.blogspot.mx/2012/11/fotosistemas-y-reacciones-luminosas-de.html>

Cada fotosistema tiene carotenos, clorofilas y proteínas. Estas moléculas captan la energía luminosa y la ceden a las moléculas vecinas presentes en cada fotosistema hasta que llega a una molécula de clorofila denominada **molécula diana**. Los diferentes carotenos y clorofilas captan fotones de unas determinadas longitudes de onda. De esta manera, los conjuntos de las moléculas del fotosistema captan gran parte de la energía luminosa incidente, sólo determinadas longitudes de onda son reflejadas y, por lo tanto, no utilizadas. En particular, son reflejadas las radiaciones correspondientes a las longitudes de onda del verde y el amarillo.

En el **fotosistema II** (Phs II) la molécula diana es la clorofila **a** que tiene su máximo de absorción a 680 nm (P 680). Cuando esta clorofila capta un fotón pasa a un estado *excitado* (P 680) y su potencial redox se hace más negativo haciéndose muy reductora. En el **fotosistema I** (Phs I), la molécula diana es la clorofila **a**, cuyo máximo de absorción se encuentra a 700 nm (P 700), que también se excita (P 700) al captar un fotón (Figura 24). La disminución de los potenciales redox permite que se establezca un transporte de electrones que pueden seguir dos vías:

- La fotofosforilación acíclica
- La fotofosforilación cíclica



**Figura 24.** Esquema que representa la estructura y componentes de los tilacoides de la grana.

Tomada de: <http://lprogram.esy.es/cdbiologia/cloroplastos.html>

#### a) La fotofosforilación acíclica

La luz va a desencadenar un transporte de electrones a través de los tilacoides con producción de NADPH y ATP. El electrón será aportado por el agua. En esta vía se pueden distinguir los siguientes procesos:

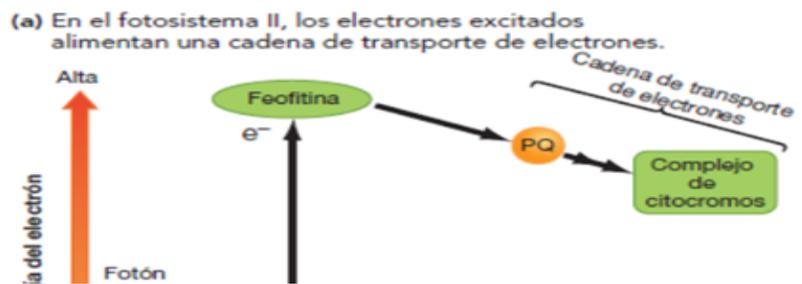
I) Reducción del  $\text{NADP}^+$ : Las clorofila-aII y otras sustancias del fotosistema II captan fotones (luz) pasando a un estado más energético (excitado). Esta energía les va a permitir establecer una cadena de electrones a través de los tilacoides en la que intervienen diferentes transportadores y en particular el fotosistema I que también es activado por la luz. El aceptor final de estos electrones es el  $\text{NADP}^+$  que se reduce a  $\text{NADPH} + \text{H}^+$  al captar los dos electrones y dos protones del medio.

II) Fotólisis del agua y producción de oxígeno: Los electrones transportados a través de los tilacoides y captados por el  $\text{NADP}^+$  proceden de la clorofila aII (P680). Esta molécula va recuperarlos sacándolos del agua. De esta manera podrá iniciar una nueva cadena de electrones. En este proceso la molécula de agua se descompone (lisis) en  $2\text{H}^+$ ,  $2\text{e}^-$  y un átomo de oxígeno. El átomo de oxígeno, unido a un segundo átomo para formar una molécula de  $\text{O}_2$ , es eliminado al exterior. El oxígeno producido durante el día por las plantas se origina en este proceso.

III) Obtención de energía. Síntesis de ATP (Teoría quimiosmótica): El transporte de electrones a través de los fotosistemas produce un bombeo de protones desde el estroma hacia el interior del tilacoide, pues los fotosistemas actúan como transportadores activos de protones extrayendo la energía necesaria para ello del propio transporte de electrones. La lisis del agua también genera protones ( $\text{H}^+$ ). Todos estos protones se acumulan en el espacio intratilacoide, pues la membrana es impermeable a estos iones y no pueden salir. El exceso de protones genera un aumento de la acidez en el interior del tilacoide y, por lo tanto, un gradiente electroquímico -exceso protones y de cargas positivas. Los protones sólo pueden salir a través de unas moléculas de los tilacoides: la ATPasa. Las ATPasas actúan como canal de protones y de esta manera cataliza la síntesis de

ATP. Es la salida de protones ( $H^+$ ) a través de las ATPasas la que actúa como energía impulsora para la síntesis de ATP.

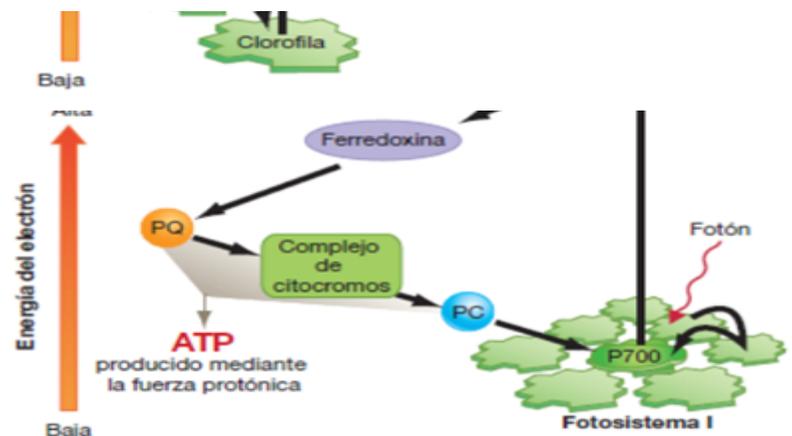
IV) Balance de la fotofosforilación acíclica: Teniendo en cuenta únicamente los productos iniciales y finales, y podemos hacerlo porque el resto de las sustancias se recuperan en su estado inicial, en la fotofosforilación acíclica se obtienen 1  $NADPH+H^+$  y 1 ATP. A su vez, la fotólisis del agua va a generar también un átomo de oxígeno (Figura 25).



**Figura 25.** Esquema que representa el proceso del fotosistema II. Tomada de: <https://es.slideshare.net/Bioestelles/tema-13-fotosintesis>

b) La fotofosforilación cíclica  
En esta vía la luz va a desencadenar un transporte de electrones a través de los tilacoides con producción sólo de ATP.

Mecanismo: El proceso parte de la excitación de la molécula diana del fotosistema I (clorofila-a1, P680) por la luz. Ahora bien, en este caso, los electrones no irán al  $NADP^+$  sino que seguirán un proceso cíclico pasando por una serie de transportadores para volver a la clorofila-a1. En cada vuelta se sintetiza una molécula de ATP de la misma forma que en la fotofosforilación acíclica.



**Figura 26.** Esquema que representa el proceso del fotosistema I. Tomada de: [http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3250/3380/html/31\\_fase\\_luminosa\\_de\\_la\\_fotosintesis.html](http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3250/3380/html/31_fase_luminosa_de_la_fotosintesis.html)

Balance de la fotofosforilación cíclica: En esta vía se produce una síntesis continua de ATP y no se requieren otros substratos que el ADP y el  $P_i$  y, naturalmente, luz (fotones). Es de destacar que no es necesaria la fotólisis del agua pues los electrones no son cedidos al  $NADP^+$  y que, por lo tanto, no se produce oxígeno (Figura 26).

### II. 1.1 Regulación de ambos procesos

En el cloroplasto se emplean ambos procesos indistintamente en todo momento. El que se emplee uno más que otro va a depender de las necesidades de la célula o lo que en realidad es lo mismo, de la presencia o ausencia de los substratos y de los productos que se generan. Así, si consume mucho  $NADPH+H^+$  en la síntesis de sustancias orgánicas, habrá mucho  $NADP^+$ , y será éste el que capte los electrones produciéndose la fotofosforilación acíclica. Si en el tilacoide hay mucho ADP y  $P_i$  y no hay  $NADP^+$ , entonces se dará la fotofosforilación cíclica. Será el consumo por la planta de ATP y de  $NADPH+H^+$ , o, lo que es lo mismo, la existencia de los substratos ADP y  $NADP^+$ , la que determinará uno u otro proceso (Figura 27).

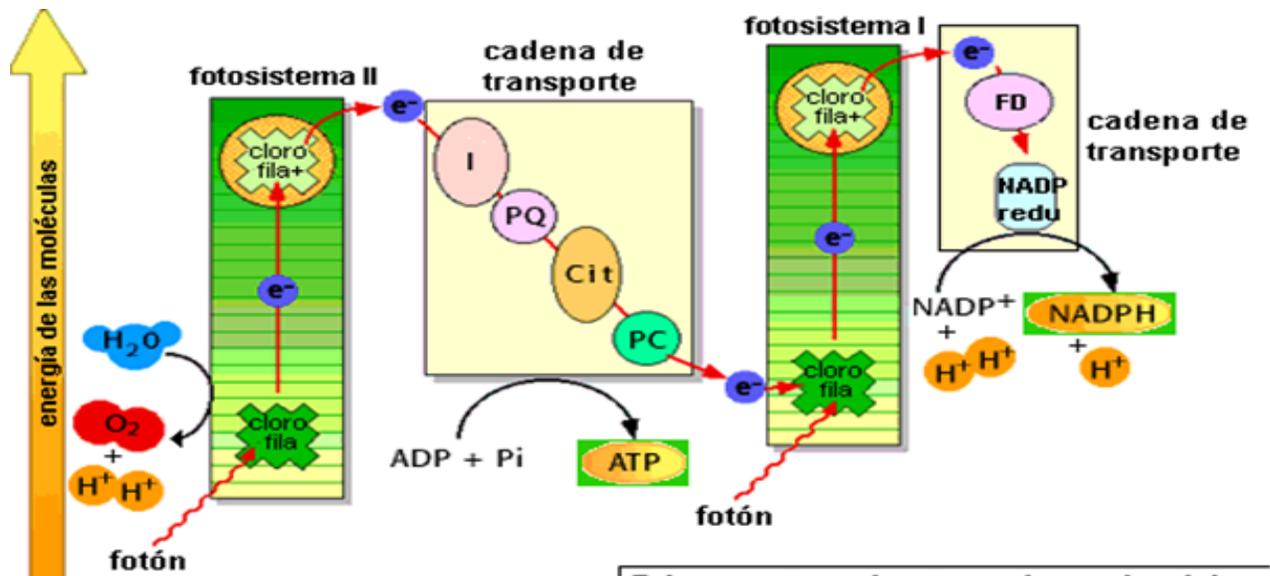


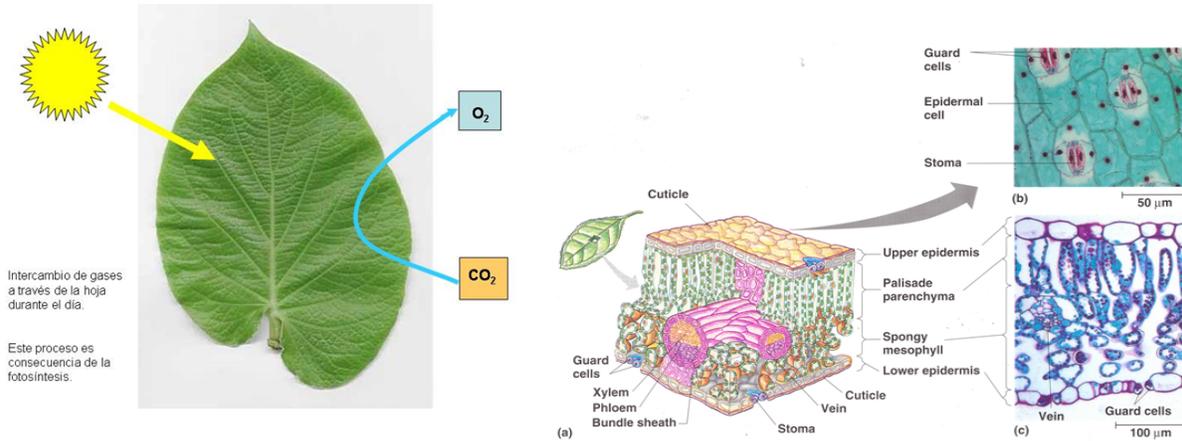
Figura 27. Esquema que representa la relación entre el fotosistemas II y el fotosistema I en las reacciones dependientes de la luz. Tomada de: [http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3250/3380/html/31\\_fase\\_luminosa\\_de\\_la\\_fotosntesis.html](http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3250/3380/html/31_fase_luminosa_de_la_fotosntesis.html)

## II. 2 Reacciones independientes de la luz

En el estroma de los cloroplastos, y como consecuencia de la fase luminosa, se van a obtener grandes cantidades de ATP y  $\text{NADPH} + \text{H}^+$ , metabolitos que se van a utilizar en la síntesis de compuestos orgánicos. Esta fase recibe el nombre de fase oscura porque en ella no se necesita directamente la luz, sino únicamente las sustancias que se producen en la fase luminosa. Durante las reacciones independientes de la luz se dan, fundamentalmente, dos procesos distintos:

- Síntesis de glucosa mediante la incorporación del  $\text{CO}_2$  a las cadenas carbonadas y su reducción. Ciclo de Calvin propiamente dicho.
- Reducción de los nitratos y de otras sustancias inorgánicas, base de la síntesis de los aminoácidos y de otros compuestos orgánicos.

En las reacciones independientes de la luz se lleva a cabo el ciclo de Calvin, en honor a Melvin Calvin, quien, junto con sus colegas, comenzó a dilucidar sus pasos a finales de la década de 1940. El ciclo comienza con la incorporación de  $\text{CO}_2$  del aire en las moléculas orgánicas que ya están presentes en los cloroplastos. La entrada del  $\text{CO}_2$  a las hojas es a partir de las estomas, estructura celular presentes en las hojas, en lo que se denomina intercambio de gases: entra  $\text{CO}_2$  y sale  $\text{O}_2$  (Figura 28).



**Figura 28.** Izq. Fotografía de una hoja que se usa como base para representar la liberación de O<sub>2</sub> y la entrada de CO<sub>2</sub> en las células de la misma. Der. Esquema que representa la presencia de estomas, estructuras a través de la cual se realiza dicho intercambio de dichos gases. Tomadas de: [http://estructuradelahoja.blogspot.mx/2014/05/estructura-de-la-hoja-la-hoja-es-el\\_13.html](http://estructuradelahoja.blogspot.mx/2014/05/estructura-de-la-hoja-la-hoja-es-el_13.html)

Esta incorporación inicial de carbono en compuestos orgánicos se conoce como fijación del carbono. Luego, el ciclo de Calvin reduce el carbono fijando los azúcares por la adición de electrones (Figura 29).

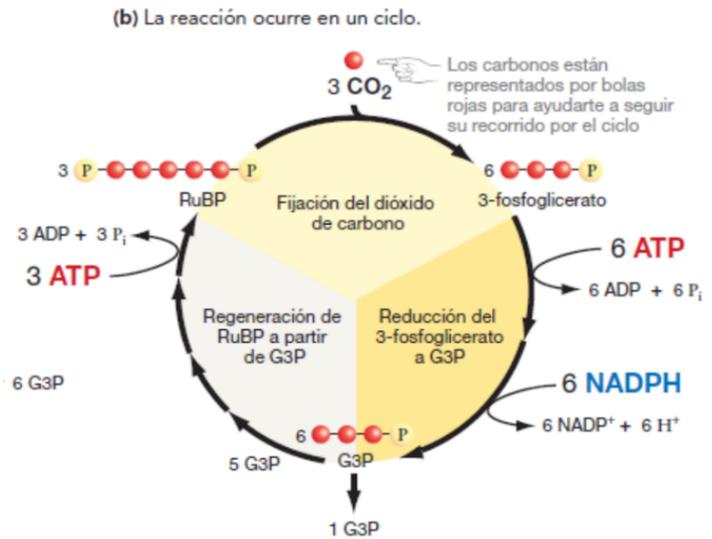
(a) El ciclo de Calvin tiene tres fases.



El poder reductor procede del NADPH, el cual adquiere electrones con energía en las reacciones luminosas. Para convertir el CO<sub>2</sub> en azúcares, el ciclo de Calvin también requiere energía química en la forma de ATP, que también es generado por las reacciones de la fase luminosa. Por lo tanto, es el ciclo de Calvin el que elabora el azúcar, pero solo puede efectuarlo con la ayuda del NADPH y el ATP producido por las reacciones independientes de la luz.

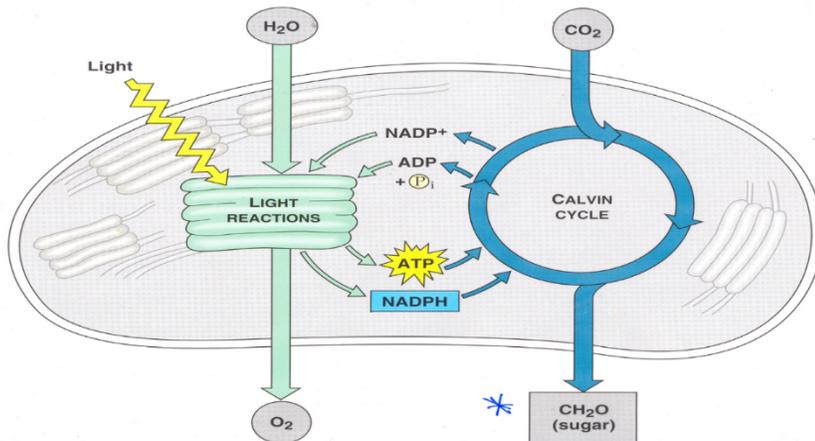
**Figura 29.** Esquema que representa el sitio dentro del cloroplasto donde se realiza el Ciclo de Calvin, así como las fases que lo constituyen. Tomada de: <http://www.rdnatural.es/blog/ciclo-de-calvin/>

Los pasos metabólicos del ciclo de Calvin a veces se denominan reacciones oscuras, o reacciones independientes de la luz, debido a que ninguno de los pasos requiere luz directamente (Figura 30). Sin embargo, el ciclo de Calvin en la mayoría de las plantas tiene lugar durante el día, ya que solo entonces las reacciones dependientes de la luz pueden proporcionar el NADPH y el ATP que el ciclo de Calvin requiere (Figura 31). El ciclo tiene lugar en el estroma del cloroplasto



**Figura 30.** Esquema que representa el Ciclo de Calvin, sus fases y los productos que forma y libera.

Tomada de: <http://www.educa.madrid.org/web/cc.nsdelasabiduria.madrid/Ejercicios/2b/Biologia/Metabolismo/ciclocalvin.htm>

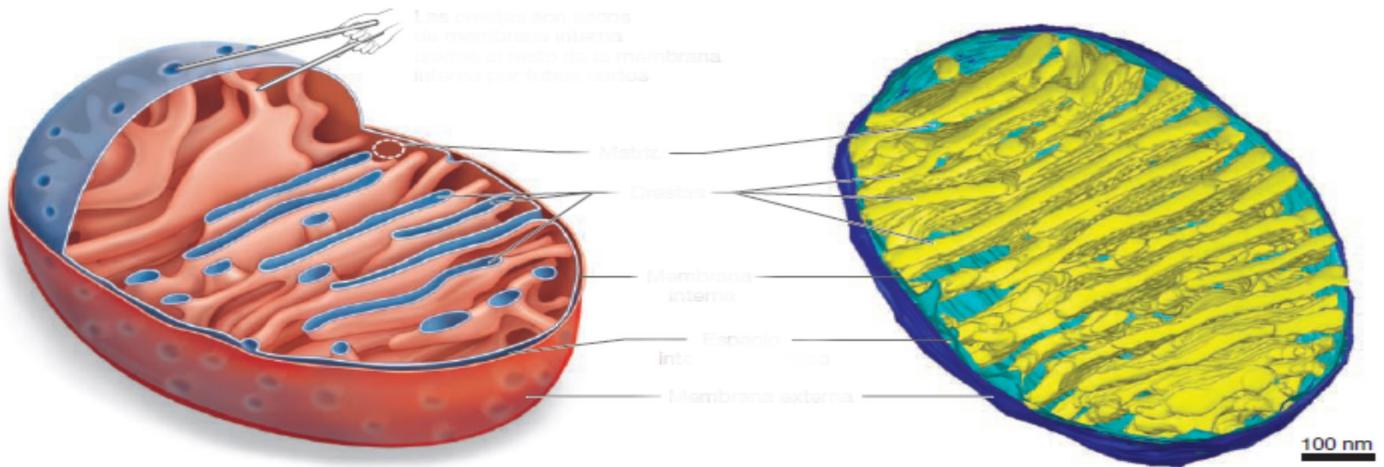


**Figura 31.** Esquema que representa la relación entre las reacciones dependientes de la luz y las reacciones independientes (Ciclo de Calvin) a través del NADPH y ATP. Tomada de:

<http://blogtizona.blogspot.mx/2016/02/biologia-la-fotosintesis.html>

## Actividades de aprendizaje

1. En la siguiente figura poner los nombres de las partes de una mitocondria:



2. Escriba en los renglones correspondientes e que partes de la mitocondria o de la célula se llevan a cabo las etapas de la respiración celular y de las fermentaciones:

Fermentación láctica: \_\_\_\_\_

Glucólisis: \_\_\_\_\_

Fermentación Alcohólica: \_\_\_\_\_

Ciclo de Krebs: \_\_\_\_\_

Cadena Transportadora de electrones: \_\_\_\_\_

Fosforilación oxidativa: \_\_\_\_\_

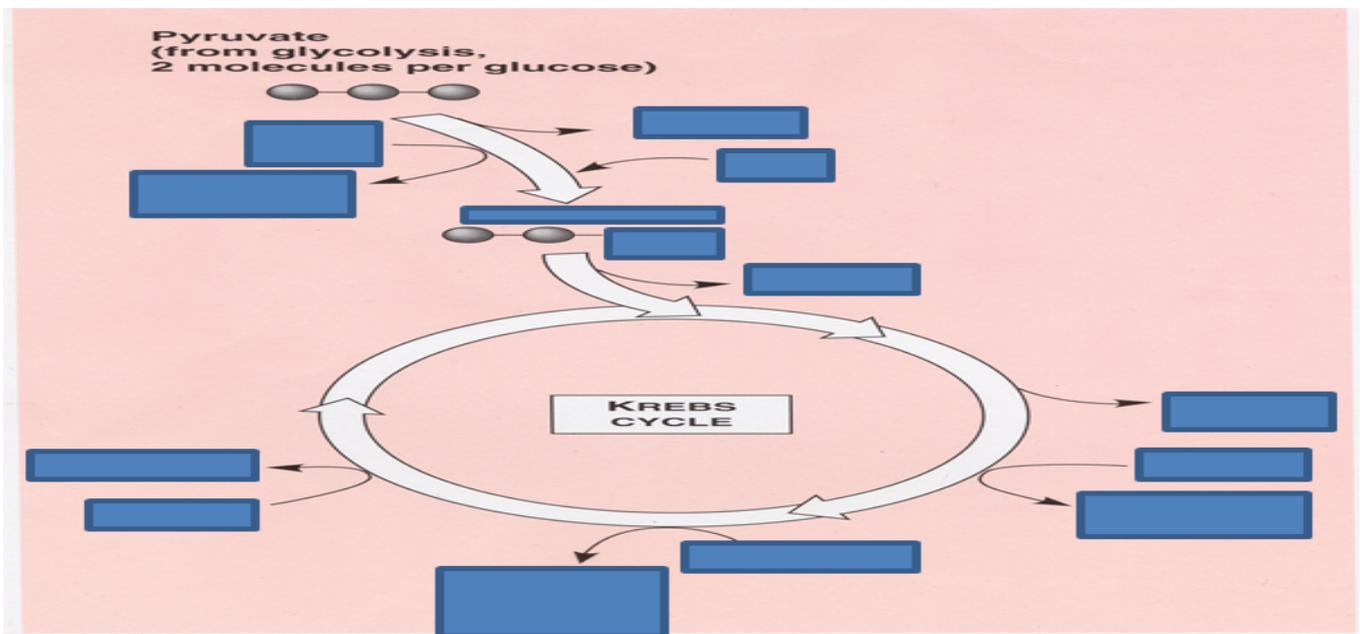
## Autoevaluación

**Instrucción.** Responda los siguientes cuestionamientos colocando la letra en el paréntesis donde sea indicado.

- Durante la respiración las células llevan a cabo 2 transformaciones como parte de su metabolismo:.....( )  
A) De materia inorgánica a materia inorgánica y de energía química a energía radiante.  
B) De materia inorgánica a materia orgánica y de energía radiante a energía química.  
C) De materia orgánica a materia inorgánica y de energía química a energía calorífica.  
D) De materia orgánica a materia inorgánica y de energía radiante a energía química
- Para qué respiran las células: .....( )

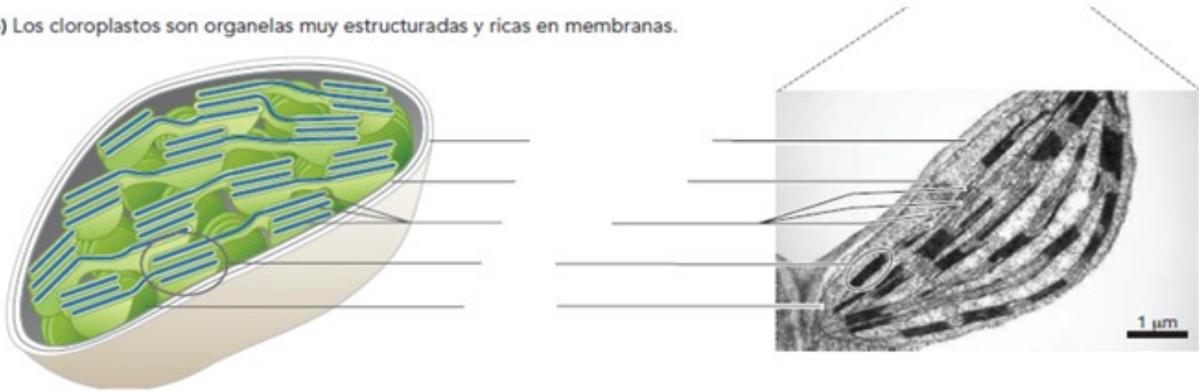
- A) Vivir.
- B) Degradar materia inorgánica.
- C) Producir glucosa.
- D) Obtener ATP

3. Orden de las etapas de la respiración celular: .....( )
- A) Glucólisis, Ciclo de Krebs, Procesamiento del piruvato, Cadena Transportadora de electrones.
  - B) Glucólisis, Procesamiento del piruvato, Ciclo de Krebs, Cadena Transportadora de electrones.
  - C) Glucólisis, Procesamiento del piruvato, Cadena Transportadora de electrones, Ciclo de Krebs.
  - D) Glucólisis, Cadena Transportadora de electrones, Ciclo de Krebs, Procesamiento del piruvato.
4. Escriba en los cuadros los componentes correspondientes del resumen del ciclo de Krebs:



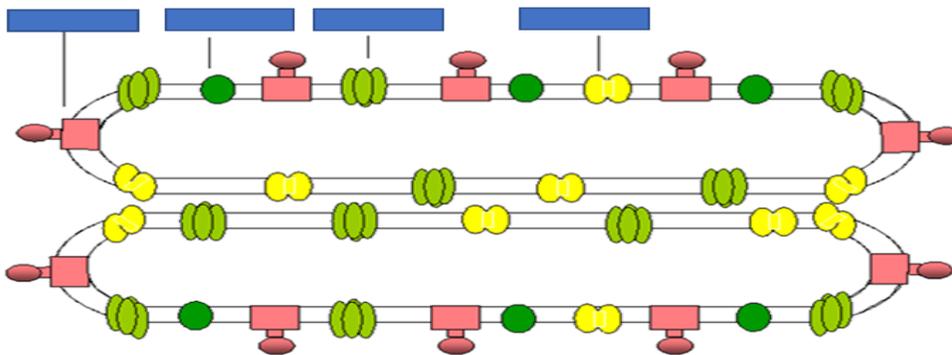
5. Durante la fotosíntesis las células fotosintéticas llevan a cabo 2 transformaciones como parte de su metabolismo: .....( )
- A) De materia inorgánica a materia orgánica y de energía química a energía radiante.
  - B) De materia inorgánica a materia orgánica y de energía radiante a energía química.
  - C) De materia orgánica a materia inorgánica y de energía química a energía química.
  - D) De materia orgánica a materia inorgánica y de energía radiante a energía química
6. En la siguiente figura colocar los nombres de las partes de un cloroplasto:

(b) Los cloroplastos son organelas muy estructuradas y ricas en membranas.



7. En la siguiente figura poner los nombres de las partes de un cloroplasto:

**Estructura y componentes de los tilacoides de los grana.**



8. Fases de la fotosíntesis: .....( )
- A) fase oscura y la fotofosforilación acíclica.
  - B) la fotofosforilación acíclica y la fotofosforilación cíclica.
  - C) fase luminosa y fase oscura.
  - D) fase luminosa y fotofosforilación cíclica.
9. Fases en orden del ciclo de Calvin: .....( )
- A) regeneración, reducción y fijación
  - B) reducción, regeneración y fijación
  - C) fijación, regeneración y reducción
  - D) fijación, reducción y regeneración

Respuestas:  
1(C), 2(D), 3(B), 5(B), 8(C), 9(D)

Aprendizaje. Relaciona el tránsito de moléculas con el sistema de endomembranas a partir de la información genética contenida en la célula.

Tema 2. Estructura y función celular

Subtema 6. Flujo de información genética

## *¿Conducta arriesgada?*

*Alcántara Montoya María Dolores*

### **I. Automedicación de Julio**

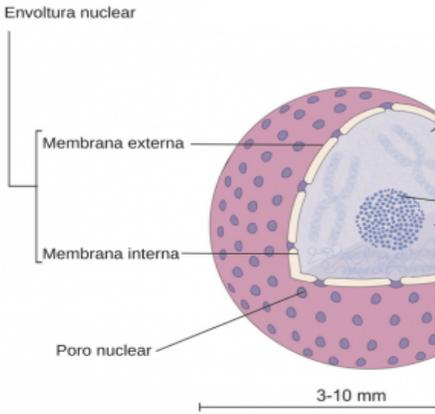
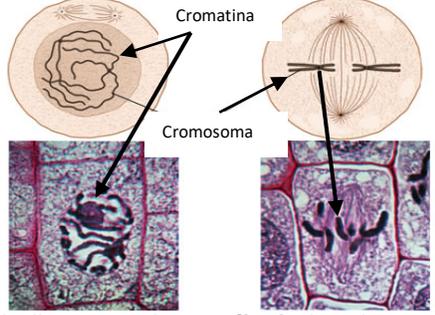
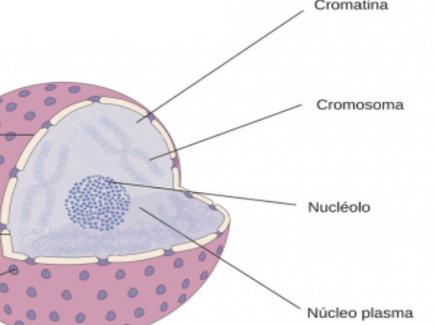
En su constante fase de enfermedad y dolor en la garganta, de nuevo Julio se automedica, se toma pastillas que le quedaron de su tratamiento anterior, pastillas que dicen en la caja: “*estreptomicina*”. Después de algunos días, continua enfermo y con complicaciones para acudir a la escuela. Como hecho se tiene que después de la ingesta de dichos medicamentos los síntomas aún continúan, la inferencia es que posiblemente dicho antibiótico no tiene el “efecto adecuado”, podría estar evidenciando la resistencia de la bacteria a dicho antibiótico.

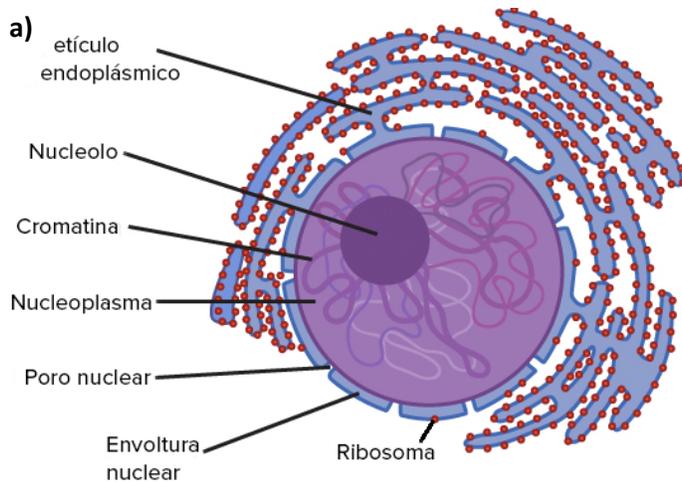
Cuando las bacterias o células procariontes se exponen frecuentemente a moléculas como estas, se realiza una acción de selección donde sólo sobreviven y se reproducen aquellas que logran contrarrestar el efecto de dicho antibiótico, debido a una proteína u otra molécula producida por la bacteria, que contrarresta dicho efecto, al “romper” o “inactivar” la molécula que constituye al antibiótico, al hacerlo dicho medicamento pierde su efectividad. Proceso que se le denomina como resistencia. ¿Cuál es la acción más adecuada, científicamente hablando, que debería hacer Julio para eliminar la infección de la garganta?

### **II. Las oficinas de una construcción que “almacenan y ejecutan” los planos de un edificio**

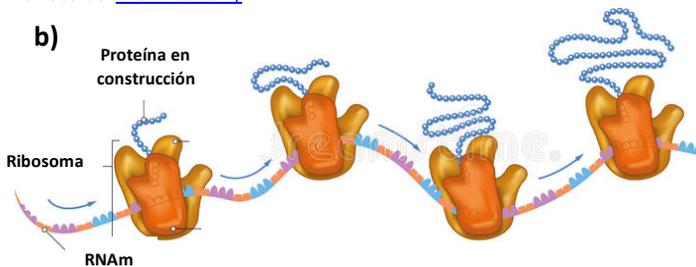
Desde la primera observación microscópica por Robert Brown de lo que parecía ser “un punto casi esférico” en el “centro” de la célula, el núcleo celular, resulta ser una estructura que en las células eucariontes no sólo reside un conjunto de genes que deben ser duplicados y distribuirse en todas las células de un organismo en funcionamiento, por ejemplo cuando están en desarrollo, también, contiene material genético que está organizado en estructuras de máxima compactación denominados: cromosomas. En la estructura y propiedades del núcleo de las células eucariotas reside gran parte del mecanismo de regulación de la información genética (Karp, 1998).

De la misma forma que todo un sistema de oficinas presentes en una construcción, cuya finalidad es la conformación de un edificio que tendrá una función específica: la vivienda de varias familias. El núcleo celular, es el organelo más grande de la célula, “la oficina central”, compuesto de cuatro partes principales: envoltura nuclear; cromosomas, visibles como fibras muy largas denominada cromatina (que serían los “planos” con la información necesaria para construir un edificio); nucléolos y nucleoplasma. A continuación se describen algunas características de la estructura de dicha “oficina central”, así como la función de sus cuatro componentes.

Componente	Características de su estructura	Función(es)
<p><b>Envoltura nuclear</b></p>  <p>Tomado de: <a href="#">Significados</a></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Membrana doble (membrana nuclear interna y membrana nuclear externa). Barrera entre el núcleo y el citoplasma.</li> <li>2. Membrana con poros revestidos de proteínas (poros nucleares).</li> <li>3. Membrana nuclear externa impregnada de ribosomas. La cual continúa para dar origen al retículo endoplásmico rugoso.</li> </ol>	<p>A. Permite el intercambio selectivo de materiales: agua iones y pequeñas moléculas. Y las moléculas grandes como ribosomas y ARN pasan gracias a una asociación de proteínas llamada complejo del poro nuclear.</p>
<p><b>Cromosomas/cromatina</b></p>  <p>Arriba una micrografía óptica de una célula en proceso de división. Abajo. Representación gráfica de esas células en división. Tomado de: <a href="#">docentes.educacion.navarra.es</a></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cromatina: asociación de proteínas y DNA.</li> <li>2. Al condensarse o compactarse la cromatina para entrar al proceso de división celular se forman cromosomas.</li> </ol>	<p>A. Contiene DNA que codifica la síntesis de proteínas.</p>
<p><b>Nucleolos</b></p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Significa “núcleo pequeño” y se encuentra uno o más de ellos.</li> <li>2. Estructura amorfa</li> <li>3. Con RNA ribosomal (RNAr), RNA ribosomal en varias etapas de síntesis y proteínas.</li> </ol>	<p>A. Es el centro de ensamblaje o síntesis de los ribosomas</p>
<p><b>Nucleoplasma</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sustancia líquida.</li> </ol>	<p>A. Se disuelven los solutos del núcleo.</p>



Tomada de: [Khan Academy](https://www.khanacademy.com)



Tomada de: [Dreamstime.com](https://www.dreamstime.com)

**Figura 1.** Esquema que representa la ubicación de ribosomas en la membrana del núcleo y en el retículo endoplásmico rugoso, que tiene la forma de “puntos o círculos” (imagen a). También se representa cómo estructuran el polirribosoma en el citoplasma de la célula, estructuras en forma de “guantes” (ribosoma) alineados sobre un “listón” (RNAm) (imagen b).

Como información adicional a la estructura del núcleo, están los ribosomas. El ribosoma es una estructura compuesta de RNA ribosomal (RNAr) y proteínas. Cuya función es formar proteínas, como si fuera “una fábrica”. Existen ribosomas en el citoplasma (ribosomas libres), asociados a la membrana del núcleo y del retículo endoplásmico rugoso (Figura 1a), o como polirribosomas (muchos ribosomas) asociados a las cadenas del RNA mensajero (ARNm) (Figura 1b) (Audesirk, *et al.*, 2012).

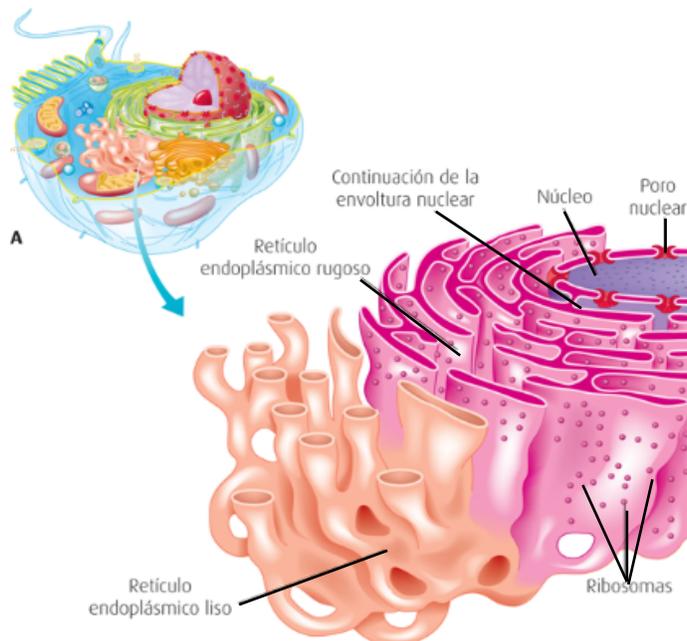
En el ejemplo sobre la construcción, también existen oficinas que se encuentran “después” de la oficina central, un sistema de oficinas “subordinadas” que tienen funciones distintas. Dentro de dichas funciones puede estar la adquisición o compra de los materiales de construcción, la modificación o adecuación de los materiales a las necesidades del nuevo edificio, la construcción del edificio, incluso, el transporte de dichos materiales a otras construcciones. Todas las “oficinas subordinadas” deben estar en constante comunicación puesto que

participan en conjunto en la construcción del nuevo edificio como producto final.

En la célula, existe un sistema de “oficinas subordinadas” similar y se relacionan con el núcleo: retículo endoplásmico rugoso (RER), retículo endoplásmico liso (REL) y complejo o aparato de Golgi. Los tres son estructuras especializadas delimitadas por membranas, con membrana externa e interna (doble membrana), donde se realizan diversas reacciones del metabolismo celular como la transformación de diferentes moléculas. Se les considera un sistema de membranas, porque se puede fusionar una membrana con otra, originando la comunicación entre ellas. Por ejemplo a través de la formación de vesículas o de los compartimentos internos donde existe la conexión, el intercambio y la transferencia de contenidos<sup>6</sup>. Entonces, el RER, REL, complejo de Golgi y vesículas conformarían el *sistema de endomembranas* (*endo*: dentro)

<sup>6</sup> El sistema de membranas de la célula eucarionte involucra a la membrana plasmática, la membrana nuclear, retículo endoplásmico, complejo o aparato de Golgi, lisosomas y vesículas.

de la célula, gracias a las funciones que realizan se logra la secreción y digestión celular (De Robertis, 1986). Algunos textos incluyen a la membrana nuclear como parte del sistema de endomembranas ya que origina el retículo endoplásmico, sólo habría que precisar, que la membrana nuclear no es un organelo citoplásmico.



Fuente: Julio Sepúlveda Saavedra: *Texto Atlas de Histología. Biología celular y tisular*, 2e: www.access Derechos © McGraw-Hill Education. Derechos Reservados.

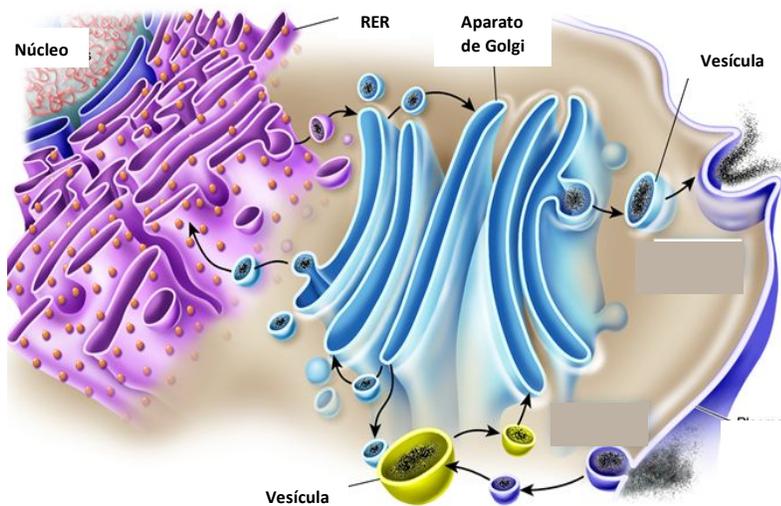
**Figura 2.** Esquema que representa parte del sistema de endomembranas, constituido por el Retículo endoplásmico rugoso y liso. Se distingue la “continuidad” de la membrana nuclear para originar el retículo rugoso, y posteriormente éste, origina el retículo liso. Las estructuras a manera de “círculos o pecas” representarían los ribosomas en el retículo rugoso. También habría que distinguir la doble membrana que los constituye.

hormonas sexuales (esteroides), como lo hace el REL de los órganos reproductivos de animales, o en las células del hígado, enzimas que transforman moléculas nocivas como el amoniaco (Figura 2) (Audesirk, *et. al*, 2012).

Como una unidad “independiente”, se encuentra la “tercera oficina subordinada”, en la puerta está un letrero que dice “Camillo Golgi”. Nombre del médico y biólogo que la observó e células

Las “primeras oficinas subordinadas” y con mayor contacto con el núcleo es el retículo (RE): *retículo* significa “red” y *endoplásmico* significa “dentro del citoplasma”. Es un sistema complejo de membranas interconectadas, con estructura lipoproteica similar a la membrana celular. Una de sus funciones es la síntesis de proteínas de la membrana y de los fosfolípidos. Existen dos formas de retículo, el rugoso (RER) y el liso (REL). El RER, se constituye por una “prolongación” o extensión de la membrana nuclear, se estructura se asemeja a un laberinto de sacos aplanados, donde se “unen” o asocian los ribosomas (Figura 2).

Parte su parte, el REL, es la “continuación” del retículo endoplásmico rugoso, pero se ha documentado que en algunas células ambos tipos de retículo se encuentran separados y no unidos como se mencionó anteriormente. La diferencia principal entre ambos es que REL no tiene ribosomas asociados, y dependiendo de la célula, sintetiza lípidos como las



**Figura 3.** Esquema que representa la estructura del Complejo o Aparato de Golgi en forma de “sacos apilados”, así como las vesículas que salen del RER para llegar a la “cara interna” del Complejo que favorece su constitución; la formación y movimiento de vesículas en él; y la salida de vesículas “del lado opuesto” del RER. Se esquematizan los dos tipos de vesículas libradas por el complejo de Golgi. Tomado de: [biologiamais.com.br](http://biologiamais.com.br)

nerviosas a finales del siglo XIX, una estructura celular localizada cerca del núcleo que se denominó Aparato o Complejo de Golgi (Karp, 1998).

Dicha estructura celular también es un conjunto de membranas dentro de la célula y que se derivan del retículo endoplásmico, por tanto, tienen membrana externa y membrana interna. Se les considera como membranas lisas al estar desprovistas de ribosomas. Su forma se asemeja a una serie de sacos aplanados, apilados uno sobre otro, todos interconectados, principalmente por vesículas (Figura 3). Del lado opuesto del complejo de Golgi, en relación al RER, se liberan dos tipos de vesículas, aquellas que

se quedarán dentro de la célula y aquellas que se fusionarán con la membrana celular para liberar su contenido al medio extracelular. De forma general, las vesículas son estructuras pequeñas constituidas por una membrana.

### III. ¿Cómo leer los planos del edificio?: el dogma central de la biología molecular

El conocimiento evolutivo aporta que todas las especies de la Tierra tenemos un parentesco, en algunas ocasiones más cercano que en otras, por ejemplo entre perros y zorros, hombre y chimpancé o entre hombre y bacterias. Lo que trae como consecuencia que los genes sean similares, pero pueden variar en muchas bases de nucleótidos y por tanto en muchas características.

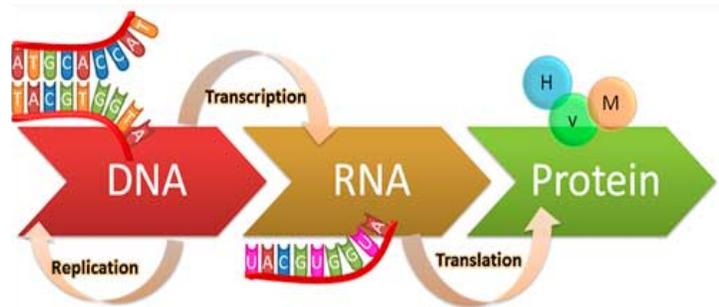
A partir de los estudios sobre la herencia de trastornos metabólicos en humanos a comienzos del siglo XIX, se conoció que casi todos los genes<sup>7</sup> contienen información necesaria para dirigir la síntesis de moléculas biológicas, por ejemplo una proteína. Donde los síntomas observados en personas afectadas por ciertas enfermedades hereditarias son resultado de la ausencia de enzimas específicas<sup>8</sup>, primer conocimiento significativo de la función del gen, inicialmente postulado en 1908 por el médico Archibald Garrod. Las proteínas son los “trabajadores

<sup>7</sup> El gen se considera como elementos discretos que controlan el desarrollo de rasgos específicos, cuerpo físico parte del cromosoma, residen en lugares específicos, constantes en cada individuo de cada especie y se transmiten a la siguiente generación.

<sup>8</sup> Proteína cuya función es catalizar reacciones bioquímicas en la célula. Como ejemplo están la lactasa cuyo sustrato es lactosa; en dicha molécula la enzima lactasa rompe los enlaces que unen a los monosacáridos galactosa y glucosa.

moleculares” de la célula, que construyen muchas de sus estructuras celulares y las enzimas que catalizan sus reacciones químicas. Por tanto, debe existir un flujo de información del DNA a proteínas.

Posteriormente se fue construyendo un modelo que explicara esta relación, dicho modelo se denominó como dogma. Donde el DNA puede replicarse asimismo generando copias similares, proceso llamado replicación o síntesis del DNA. Característica propia de la molécula que le daba la función de almacenar la información genética de los sistemas vivos. Otra de las propiedades del DNA es su información biológica útil, por tanto, puede ser expresada para formar macromoléculas. Por tanto, la información genética fluye del DNA por diferentes procesos: transcripción, traducción y maduración proteica (Figura 4).



**Figura 4.** Esquema que representa los procesos que involucran el Dogma central de la biología molecular: Replicación (replication), Transcripción (transcription) y traducción (translation). Tomado de: <https://www.hsnstore.com>

A dicho dogma, se añade el proceso identificado en virus como el de Inmunodeficiencia Adquirida (VIH) que provoca SIDA, cuyo material genético es RNA, y por la enzima transcriptasa inversa, que contiene el virus, se “cambia” la información de RNA a DNA. Como DNA se favorece la incorporación de la información genética del virus a las células humanas que infecta. Una vez integrado el material genético del virus se favorece su replicación, transcripción y traducción con la maquinaria enzimática de las células humanas. Es decir, favorece el flujo de la información genética del virus para generar más virus.

### III.1 Prefiero transcribir que el copy-page

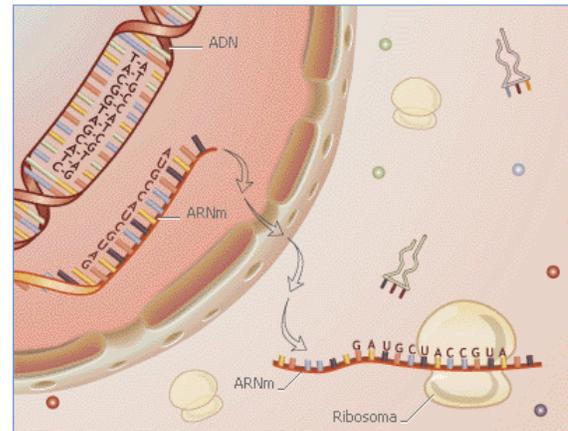
La molécula que “lleva el mensaje” se denomina ácido ribonucleico o RNA, por sus siglas en inglés. El proceso que lo construye se denomina transcripción<sup>9</sup> e inicia cuando las cadenas de DNA también se separan y sirven de molde, ahora, para la síntesis del RNA mensajero (RNAm); la información del RNAm resulta ser complementario de la información de la cadena del DNA. La construcción del RNAm es por la enzima RNA polimerasa. Dicha molécula en su estructura presenta uracilo (U) en lugar de timina (T). El RNAm, es una molécula de cadena sencilla con dirección 5' a 3', que sale del núcleo a través de los poros de la membrana nuclear, “llevando” el mensaje del DNA hacia los ribosomas donde es traducida la información que lleva. Por tanto, en las células eucariontes la transcripción de la información del gen sucede en el núcleo celular y en las células procariontes en el citoplasma.

<sup>9</sup> En español, transcripción significa hacer una copia escrita de algo, por lo general en el mismo idioma. Una acción similar se lleva a cabo cuando se realiza una tarea sobre algún tema y utilizas información de un libro, transcribes la información del libro al cuaderno de la materia. En el proceso biológico, en la transcripción se queda el mismo “idioma”: los nucleótidos.

El proceso de transcripción o síntesis del RNA, se desarrolla en tres momentos o etapas específicas: a) iniciación, b) elongación y c) terminación. En la mayoría de los genes de eucariontes y procariontes están presentes regiones denominadas promotores, justo al inicio de los mismos. Su posición determina en cierto sentido su función, en dicha región comienza la transcripción (fase de iniciación) con la participación de una enzima denominada RNA polimerasa, que se une a la dirección 3' a 5' del DNA para construir un RNA de cadena sencilla en dirección 5' a 3', es decir, una cadena de sólo una hebra en dirección 5' a 3'.

El “cuerpo del gen”, es decir, la secuencia de nucleótidos después del promotor (por ejemplo AGTA...), es donde ocurre la fase de alargamiento del RNA (fase de elongación del RNA), la enzima comienza a construir una cadena de nucleótidos de RNA guiada con la información complementaria presente en el gen. Por ejemplo, si en la cadena del DNA existe la secuencia de nucleótidos: CTT GGA, la enzima RNA polimerasa construye el RNA con la secuencia: GAA CCU; se distingue en la secuencia además de la complementariedad, el cambio del nucleótido timina en DNA a uracilo en RNA.

Al final del gen, existe la región de término, donde se concluye la construcción del RNA (fase de terminación), es el momento donde la enzima RNA polimerasa, se separa de la cadena de DNA y se “suelta o libera” la cadena de RNA. La enzima que queda disponible para unirse a la región de inicio o promotora de otro gen y sintetizar otra molécula de RNA, al final, en células eucariontes, la molécula de RNA sale por los poros nucleares (Figura 5).



**Figura 5.** Esquema que representa los elementos para iniciar la traducción: ARNt (ver anticodón), RNAm (ver codón), Ribosoma (dos subunidades: pequeña y grande y aminoácidos libres. Tomado de: <http://slideplayer.es/slide/5427240/>

### III.2 ¿Cómo entender los planos de la construcción?: de nucleótidos a aminoácidos

Si se forma un RNAm (copia de los planos originales de la construcción), la información de la molécula se traduce (arquitecto supervisor de obra) dando como resultado la formación de una proteína (el edificio), por ello, al proceso se le denomina como traducción<sup>10</sup> o síntesis de

<sup>10</sup> La traducción, en español, refiere al paso de un registro a otro, en la mayoría de los casos es en otro idioma. En el proceso biológico, refiere a la “conversión o cambio de idioma” de la información: nucleótidos de RNA a aminoácidos de las proteínas.

proteínas. Para este proceso se requiere de los ribosomas, el RNAm, energía química (ATP), enzimas específicas, RNA de transferencia (RNAt) y aminoácidos.

El “mensaje” del RNAm contiene información que será leída en segmentos de tres bases nitrogenadas (codón). Cada codón codifica para un aminoácido de acuerdo a un código genético, como un “diccionario” donde cada simbolismo o triplete corresponde a un aminoácido específico (ver características del código genético); diccionario que sirve de consulta para saber el significado de la palabra que se conoce y cómo se escribe en el nuevo idioma. En el código genético existen señalamientos de iniciación y de terminación de la síntesis de proteínas. Acciones similares para aprender un nuevo idioma, para entender lo que significa cada palabra y poder comunicarte en dicho idioma, se debe entender dónde inicia y dónde termina cada una de las palabras y frases.

Tal como si fuera el proceso de construcción de una frase: colocas la palabra(s), posteriormente construyes la oración y la terminas con un punto final, la traducción presenta tres fases, similar a la síntesis del RNA: a) la fase de *iniciación*, b) fase de *elongación* de la cadena proteínica y c) fase de *terminación*.

El proceso de *iniciación*, primera fase de la síntesis, es donde el RNAt y RNAm se unen al ribosoma, consiste en la llegada del RNAm al citoplasma de la célula, ahí, se ancla a los

### Características del código genético

Las características del código genético están:

A) Su organización en tripletes o codones, es decir, cada molécula está determinada por tres nucleótidos. Al existir cuatro ribonucleótidos diferentes con las bases nitrogenadas U, C, A y G, hay  $4^3=64$  tripletes distintos.

B) El código es degenerado, esto es, que un mismo aminoácido puede estar determinado por más de un triplete o codón. Debido a que existen 64 tripletes distintos y hay solamente 20 aminoácidos diferentes.

C) No hay solapamiento, lo que significa que dos aminoácidos sucesivos no comparten nucleótidos de sus tripletes. D) El triplete de iniciación suele ser AUG que codifica para formar metionina. También puede actuar como tripletes de iniciación GUG (Valina) y UGG (Leu).

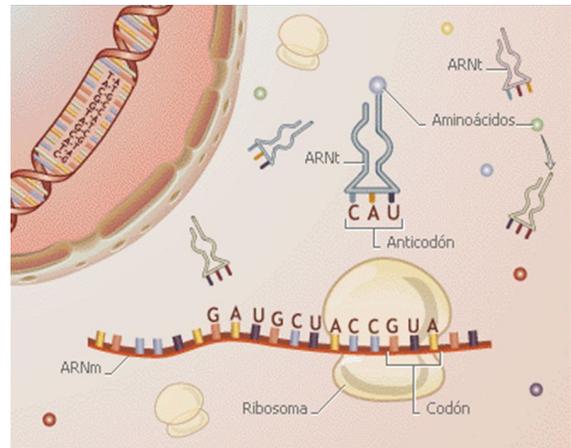
E) Existen tres tripletes sin sentido o de terminación que no codifican para ningún aminoácido: UAA, UAG y UGA.

F) Universalidad del código genético nuclear es universal, coincidiendo con todos los organismos estudiados a la fecha. La única excepción a la universalidad del código es el código genético mitocondrial.

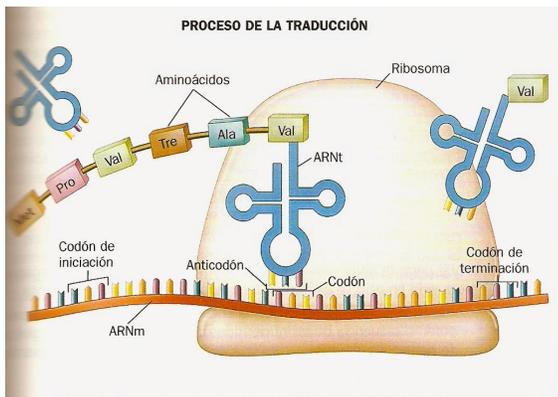
Tomado de: <http://maggiesscienceconnection.weebly.com>

ribosomas y estos se “deslizan” sobre el RNAm (Figura 6).

En la segunda fase, denominada *elongación* o *alargamiento*, se agregan aminoácidos uno por uno para el crecimiento de la proteína; como ladrillos construyendo el edificio. Los aminoácidos que seguirán en la secuencia se vincula con la relación: codón RNAm y anticodones RNAt (Miller y Levine, 2010). Cada célula sintetiza por lo menos un RNAt, en ocasiones, varios por cada aminoácido, hay veinte enzimas ubicadas en el citoplasma, una por cada aminoácido que reconocen los distintos RNAt. La energía química o ATP se utiliza para la formación de enlaces peptídicos entre cada aminoácido, por dicho enlace se libera una molécula de agua por cada enlace formado. El RNA ribosómico cataliza dicha reacción, este RNA enzimático se denomina “ribozima”.



**Figura 6.** Esquema que representa los elementos para iniciar la traducción: ARNt (ver anticodón), RNAm (ver codón), Ribosoma (dos subunidades: pequeña y grande y aminoácidos libres. Tomado de: <http://slideplayer.es/slide/5427240/>



**Figura 7.** Esquema que representa la fase de elongación en la formación de una proteína. Se distingue el “cuerpo” de la proteína con la secuencia de los abreviaciones de los aminoácidos: *Met, Pro, Val, Tre, Ala, Val...* Tomado de: [blogspot.mx](http://blogspot.mx)

Entonces, cuando aparece en el RNAm el codón AUG, da inició la síntesis o formación de la proteína. El codón AUG codifica para el aminoácido metionina, el cual es transferido al sitio de síntesis por el RNAt. Ésta molécula posee un anticodón que tiene la secuencia complementaria al codón. Los ribosomas hacen el movimiento a lo largo de la cadena de RNAm hasta la “detección” de un codón de terminación (Figura 7).

La tercera fase, denominada fase de *terminación*, es cuando un codón señala el fin de la traducción; puede ser UAA, UAG o UGA. Estos simbolismos, según la analogía del idioma, cumplirían la función del “punto final” y de igual forma que al escribir una frase, la pluma se separa del papel al colocar un punto final en la misma, las enzimas hacen lo

mismo, se “separan” al reconocerse el codón de detección o stop. Cabe señalar que los codones de término no se unen al RNAt pues no forman parte de la proteína, deja las moléculas “libres” o disponibles para volver a unirse en otro proceso de traducción (Figura 8).

#### IV. ¿Cómo es el flujo de información en las oficinas subordinadas de la construcción?: el flujo de información genética.

El movimiento de la información genética inicia desde que la información del DNA es transcrita o copiada por la enzima que está en el núcleo celular y cuyo resultado es la construcción de RNAm, mismo que se transporta hacia al citoplasma celular por los poros nucleares. Una vez que el RNAm llega a los ribosomas, por ejemplo asociados al RER y la información es traducida formando proteínas, éstas se mueven a través de los canales del RER, donde son modificadas con una estructura tridimensional, es decir, se forman proteínas funcionales. Las proteínas destinadas a exportación se sintetizan en los ribosomas unidos a las membranas del RER, aunque la *iniciación* y *elongación* de la proteína inicia en los ribosomas libres.

Para formar glucoproteínas, durante su paso por el RER, se modifica la solubilidad, estabilidad y tamaño físico de la proteína, donde enzimas incorporan carbohidratos ramificados o carbohidratos sencillos a la estructura de aminoácidos. La finalidad de estas proteínas con glúcidos “enriquecidas”, cumplen la función de reconocimiento en los procesos de transporte de proteínas y de reconocimiento entre células.

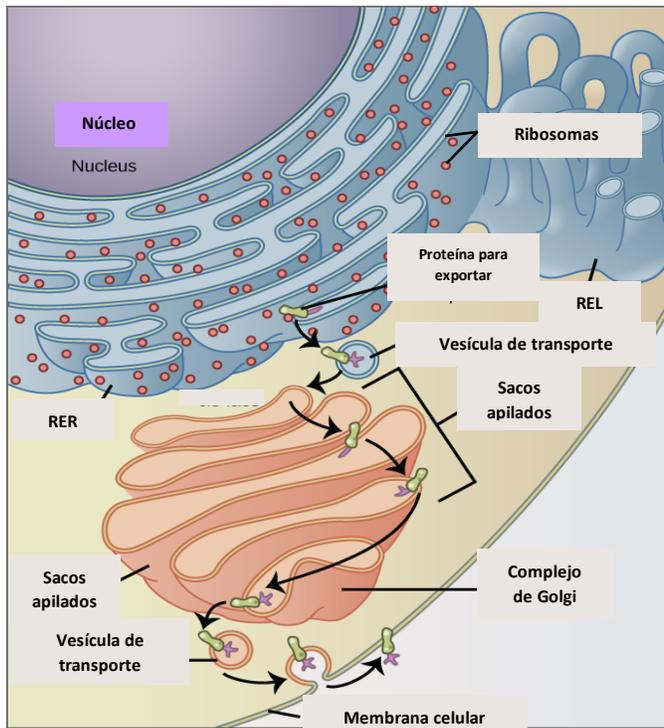
Las cuáles se acumulan en las vesículas, como “bolsas” constituidas de membrana, que viajarán al Complejo de Golgi para entrar a un proceso de maduración de proteínas. Proceso que se le conoce como modificaciones postraducción. La propia estructura de la proteína, es decir, la secuencia de aminoácidos que tenga, determina si es liberada o debe ir al aparato de Golgi.



U A A

**Figura 8.** Esquema que representa la fase de elongación (arriba) y terminación de la formación de una proteína: UAA (abajo). Se distinguen varios RNAt “llevando” los aminoácidos correspondientes formando la cadena hasta el codón de término. Tomado de: <http://slideplayer.es/slide/5427240/>

Este mismo tipo de proteínas son transportadas a través de vesículas al complejo de Golgi para que sean añadidos otro tipo de carbohidratos, sólo las proteínas completamente plegadas son aptas para el transporte, es decir, proteínas con los enlaces o puentes de hidrógeno “correctos”, aquellas que no tenga el plegamiento adecuado son expulsadas al citoplasma para su degradación.



**Figura 9.** Esquema que representa el proceso postraduccional, así como la interacción de las dos estructuras de doble membrana, RER y complejo de Golgi, a través de la modificación, transporte y secreción de proteínas funcionales. Tomado:

<https://courses.lumenlearning.com>

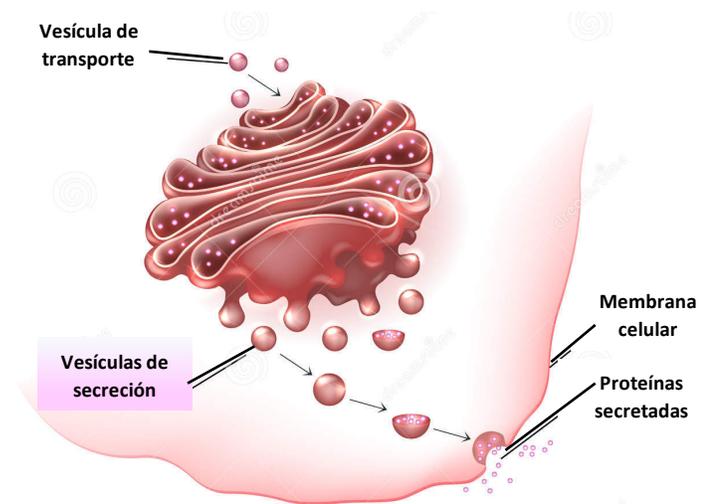
De forma general, las funciones del aparato de Golgi u “oficina” es modificar, clasificar y empacar proteínas producidas por el retículo endoplásmico rugoso, como si fuera “un taller de adaptación de materiales”, donde se dan los últimos detalles al producto antes de salir de la fábrica. Esas modificaciones se realizan a lo largo de dichos “sacos”, por ejemplo si se estuviera armando una muñeca, en cada paso o sección, se le va agregando una “parte” de la misma.

En una sección se colocan los brazos y piernas que llegan de otra fábrica; después se pinta la cara, se le coloca la ropa, seguido de los zapatos, por último, se le añade el pelo, “los toques finales” al producto. La muñeca no puede quedarse en la fábrica, así que debe ser empacada en cajas para ser exportada a las diferentes tiendas para su venta o para su exportación a otros países. De forma similar es el funcionamiento en el Complejo de Golgi.

Las vesículas que salen del retículo endoplásmico rugoso se fusionan o “unen” a uno de los lados del Complejo del Golgi, con dicha fusión se “vacía” el contenido de las vesículas en los compartimientos del Golgi, donde las proteínas “preliminares” formadas en el RER, serán modificadas para que tengan función celular. Dentro de las modificaciones está la adición de carbohidratos para formar glucoproteínas o la eliminación de segmentos para formar la estructura tridimensional de la proteína. Como el caso de la insulina, que sale del RER como *preinsulina*, una proteína no funcional, y en el aparato de Golgi se forma la insulina, una proteína con la función de transportar glucosa al interior de la célula. Y de lado opuesto del aparato de Golgi, como su fuera la “puerta trasera”, se liberan las vesículas que trasladan los productos terminados, ya sea al otro lado de la célula o para ser expulsados de la célula (Figura 10).

El colágeno, proteína fibrosa que contribuye a la estructura de tejidos y órganos, es otro ejemplo de proteína con acción postraduccional. Se forma un precolágeno entre el RER y Complejo de Golgi, donde el RER estabiliza la molécula, y el complejo de Golgi, madura y modifica sus oligosacáridos. El precolágeno completo es liberado al exterior de la célula a través de las vesículas de secreción. Y la conversión del precolágeno en colágeno se realiza en el exterior celular (Devlin, 2006).

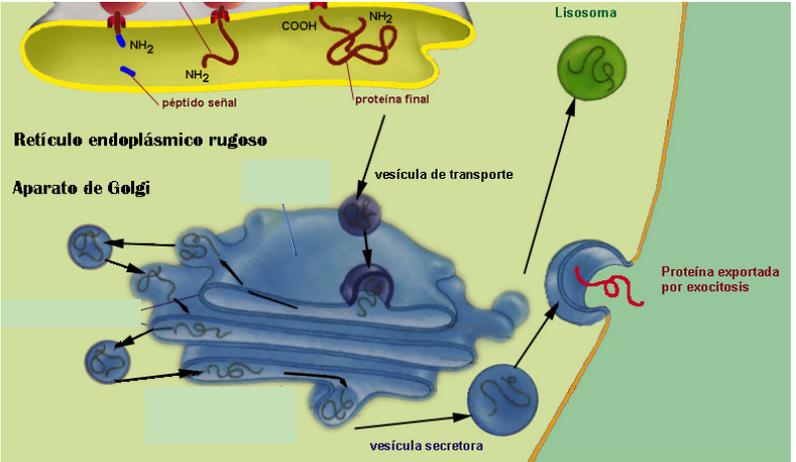
A manera de resumen en la tabla 1 se particularizan algunas de las funciones del aparato de Golgi.



**Figura 10.** Esquema que representa la estructura del Complejo o Aparato de Golgi. Las llamadas vesículas de transporte de la “cara interna” del complejo (arriba) provienen del RER y las llamadas vesículas de transporte en la “cara externa” del complejo (abajo) contienen proteínas que serán liberadas al medio extracelular. Habría que distinguir la doble membrana que los constituye.

Tomado de: [dreamstime.com](http://dreamstime.com)

Proceso	Producto	Representación
A) Modificación de moléculas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Proteínas + carbohidratos: glucoproteína.</li> <li>2. Proteínas a péptidos (moléculas más pequeñas).</li> </ol>	<p>Glucoproteín: Proteína Carbohidrato</p> <p>tomada de: <a href="http://genomasur.com">genomasur.com</a> 476 x 264</p>
B) Síntesis de polisacáridos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Celulosa</li> <li>2. Pectina</li> </ol>	<p>Célula Vegetal Pared celular Fibrillas de celulosa Fibrilla de celulosa Microfibrilla de celulosa</p> <p>Molécula de celulosa (polímero de glucosa con enlaces <math>\beta</math> 1-4)</p> <p>Tomado de: <a href="http://emaze.com">emaze.com</a></p>
C) Separa proteínas y lípidos recibidos del RER	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Enzimas digestivas para lisosomas del colesterol usado en síntesis de membrana.</li> <li>2. Hormonas de naturaleza proteica que serán secretadas.</li> </ol>	

<p>D) “Empacan” moléculas terminadas</p>	<p>1. Formación de vesículas para su transporte: dentro o fuera de la célula.</p>	
--	---	--

Un tipo de vesículas que salen del aparato de Golgi se dirigen al interior de la célula se denominan lisosomas, estructuras celulares esféricas, rodeadas de una membrana y son abundantes en células animales (Pérez, *et al.*, 2007). Los lisosomas contienen enzimas hidrolíticas que degradan carbohidratos complejos, proteínas, ácidos nucleicos y algunos lípidos (Starr, 2004). El hecho de que dichas enzimas estén “encerradas” formando los lisosomas, evita que degraden otros componentes celulares, como la membrana celular, pero cuando la célula se ha deteriorado, los lisosomas contribuyen en su desintegración. Tal como fue revisado en las funciones de la membrana.

#### IV. El flujo de información genética en células procariontes

La síntesis del RNAm es diferente en las células procariontes en relación a las células eucariontes. Las células procariontes transcriben un RNA único “muy largo” a partir de una serie de genes continuos, por ejemplo si los genes fueran los ocho o seis vagones de un metro, el RNA producido en los organismos procariontes es solo molécula continua. Mientras que en las células eucariontes, que tienen mayor cantidad de material genético donde los productos para una ruta metabólica pueden estar en diversos cromosomas, se generan varios RNAm dependiendo de la ruta metabólica. Esta característica se vincula con la acción de algunos antibióticos.

Existen antibióticos como la neomicina y estreptomicina que se enlazan a una secuencia específica de RNA en una parte de los ribosomas de las bacterias, con ello, el antibiótico inhibe la síntesis de proteínas. Sin proteínas, las bacterias mueren, pero no el individuo que tiene la infección, debido a que los ribosomas eucariontes, como los humanos, tiene otra secuencia de nucleótidos que los procariontes, por tanto, no serán reconocidos. Las bacterias que son resistentes a la neomicina, tienen una mutación que cambia un nucleótido de su RNAr.

Otra diferencia está en el lugar de la síntesis del RNA, debido a que en las células procariontes no hay una membrana nuclear que separe el DNA del citoplasma, la transcripción y traducción no están separadas ni en espacio ni en tiempo, esto significa que ambos procesos se realizan en el citoplasma de la célula y de forma simultánea. Por tanto, en la mayoría de los casos cuando el RNAm se comienza a separar del DNA durante la transcripción, los ribosomas

procariontes se unen al extremo inicial de la molécula y de inmediato inician la síntesis de las proteínas. Los ribosomas de las células procariontes son de menor tamaño que los ribosomas de las células eucariontes.

La traducción, en ambos tipos de células, ocurre de forma semejante tanto en la *elongación* y *terminación*, pero la longevidad del RNAm en células procariontes es más corta, de unos pocos minutos; mientras que el RNAm de las células eucariontes es variable, puede ir frecuentemente entre horas o días.

### **Bibliografía**

- Audesirk, T., *et al.*, (2012), Biología. La vida en la Tierra con fisiología, México, Pearson.  
Devlin, T., (2006), Bioquímica, Barcelona, Reverté.  
Karp, G., (1998), Biología celular y molecular, México, McGraw-Hill Interamericana.  
Miller, K. y J. Levine, (2010), Biología, EU, Pearson.  
Pérez, J., *et al.*, (2007), Antología de biología celular, México, IPN.  
Pierce, B., (2000), Genética. Un enfoque conceptual, Madrid, Médica Panamericana.  
Starr, C y R. Taggart, (2004), Biología. La unidad y diversidad de la vida. México, Thomson.

## Actividades de aprendizaje

**Instrucción.** Lee los enunciados de cada número y responde lo que se te pide.

1. Observa la imagen que representa parte del sistema de endomembranas y relaciona los nombres con su estructura, adicionalmente completa la tabla con la función de cada una.

5. \_\_\_\_\_

8. \_\_\_\_\_

7. \_\_\_\_\_

6. \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

1. \_\_\_\_\_

© The McGraw-Hill Companies, | 0.1 μm

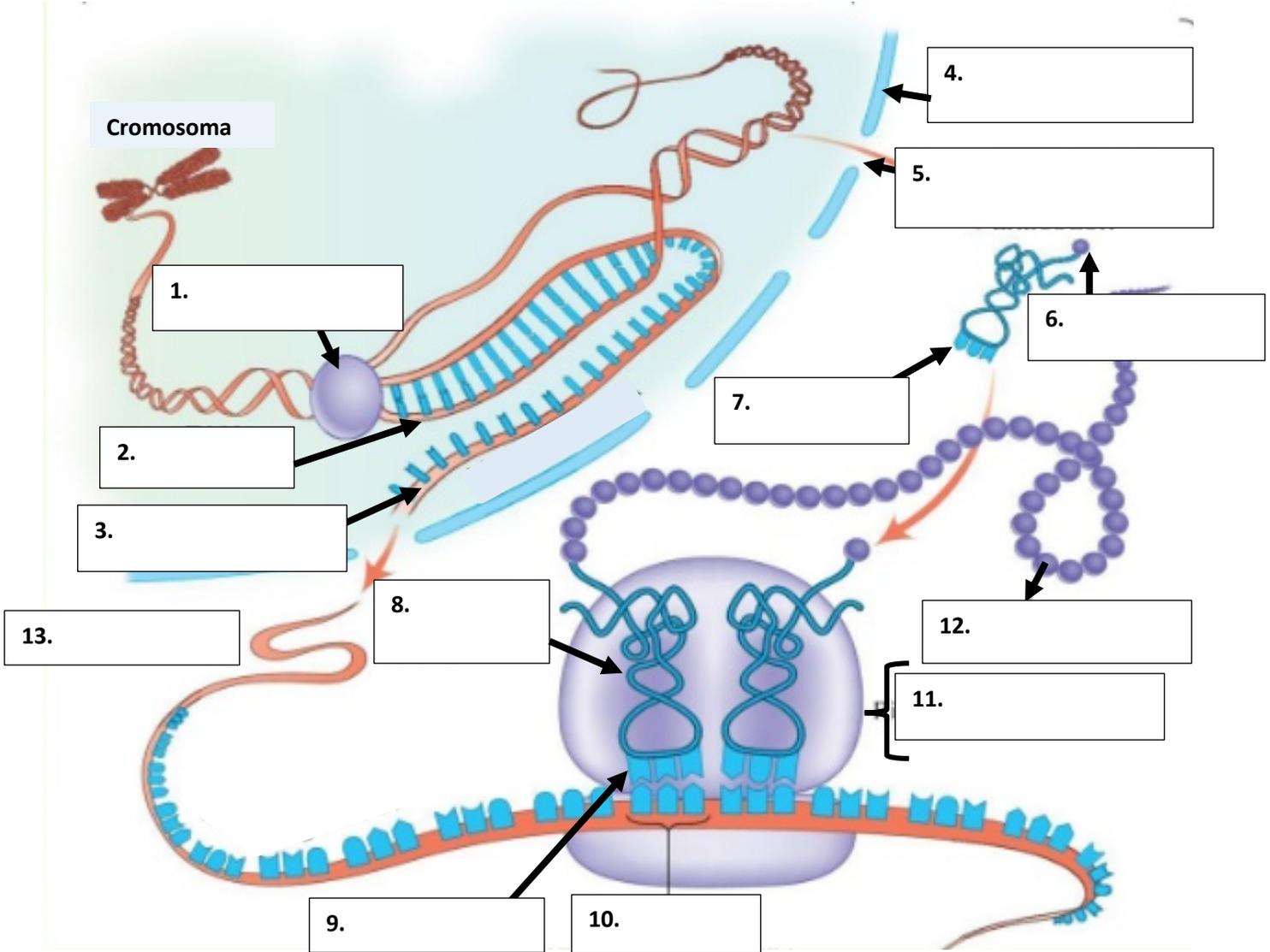
**Estructura celular:**

- Vesícula de transporte*
- Retículo endoplásmico liso*
- Membrana nuclear*
- Retículo endoplásmico rugoso*
- Membrana celular*
- Complejo de Golgi*
- Vesícula de secreción*
- Núcleo*

<b>Estructuras en el sistema de endomembranas</b>		
<b>Nombre de la estructura</b>	<b>Características generales</b>	<b>Función</b>
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		

2. Observa la siguiente imagen, lee los conceptos que se encuentran debajo y coloca en el espacio en blanco el nombre correspondiente.

enzima, RNAm, ribosoma, proteína, RNAt, ribosoma, codón, membrana nuclear, anticodón, citoplasma, cadena de DNA, aminoácido, poro nuclear.

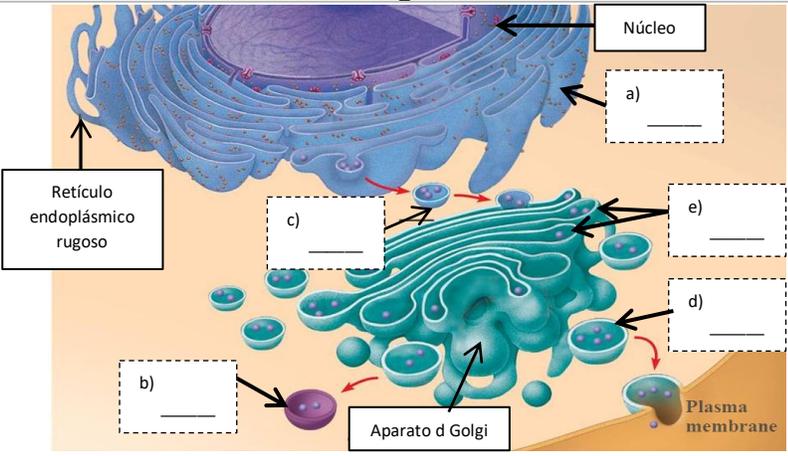


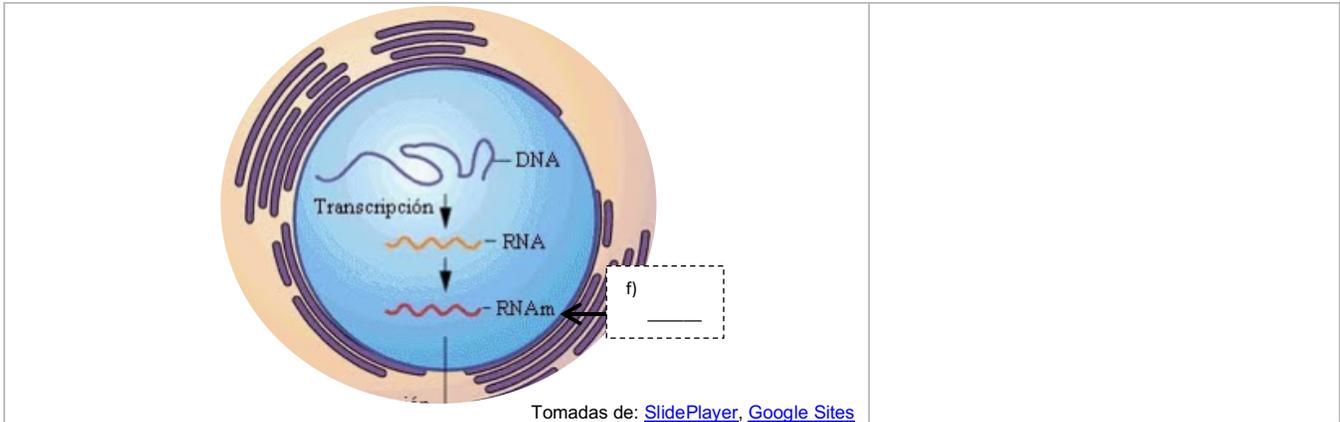
3. Con la información del texto anterior completa la siguiente tabla, en la cual determinarás el menos cinco conceptos básicos por proceso y con ellos construir una idea que responda los casos hipotéticos.

Proceso	Conceptos importantes	De forma hipotética, ¿qué pasaría con el proceso si por una mutación...?
---------	-----------------------	--

Dogma central de la biología		No se produjera el RNA:
Transcripción		Alteraciones en la secuencia de término en la cadena de DNA:
Traducción		Formación de RNAt sin anticodones:
Proceso postraduccional		Alteración en la maduración de las proteínas, quedando: precolágeno y preproinsulina

4. Observa las siguientes imágenes y coloca en el recuadro en blanco los números que permitan secuenciar cómo se desarrolla el proceso que permite el flujo de información genética a través del sistema de endomembranas. Desde la formación del RNA, hasta la formación de vesículas.

Imágenes	Nombre del proceso
	1.
	2.
	3.
	4.
	5.
	6.
	7.



5. Lee las siguientes preguntas utilizando los datos del texto.

a) Ante la situación del inicio del texto, ¿qué relación tiene el antibiótico estreptomicina y la infección en la garganta de Julio?

---

---

b) ¿Por qué antibióticos como estreptomicina eliminan nuestras infecciones pero no afectan nuestras células eucariontes?

---

---

c) Ante la información ¿qué importancia tiene el flujo de información genética en los organismos?

---

---

### *Autoevaluación*

**Instrucción.** Lee los enunciados y coloca en el paréntesis la palabra correspondiente.

1. Son parte de la estructura del núcleo.....( )  
A) Cromatina, ribosomas, poro.  
B) Ribosomas, cromosomas, membrana citoplásmica.  
C) Poro, nucleoplasma, RNAt.  
D) RNAt, nucleolo, cromosomas.
2. Son estructuras celulares que forman parte del sistema de endomembranas:.....( )  
A) ribosomas y mitocondria

- B) retículo endoplásmico y ribosomas
- C) complejo de Golgi y núcleo
- D) complejo de Golgi y retículo endoplásmico

3. Es uno de los procesos que caracteriza el flujo de información genética en los organismos e interviene directamente con la molécula que posee la información biológica útil.....( )

- A) Traducción.
- B) Postransducción.
- C) Transcripción.
- D) Retrotranscripción.

4. Un gen de una enzima que participa en el metabolismo tiene la secuencia hipotética: TGC TCC AAA AGG ¿Cuál sería la secuencia del RNAm? .....

- A) ACG AGG UUU UCC
- B) TCG AGG UUU UCC
- C) UCG UGG AAA ACC
- D) TCG AGG UUU ACC

5. Completa la siguiente información utilizando los conceptos de las opciones. ....( )

Se agregan \_\_\_\_\_ por el reconocimiento entre la secuencia de nucleótidos del RNAm denominado \_\_\_\_\_ con \_\_\_\_\_ del RNAt. Varias enzimas ubicadas en el citoplasma, una por cada aminoácido, reconocen los distintos RNAt y con aporte de energía química son unidos para formar la proteína. Esta información describe el proceso de \_\_\_\_\_ que realizan las células.

- A) aminoácidos, codones, anticodones, traducción
- B) codones, ribonucleótidos, anticodones, transcripción
- C) ribosomas, anticodones, codones, traducción
- D) ribonucleótidos, codones, anticodones, transcripción

6. Si la secuencia hipotética de un RNAm es: ACG AGG UUU UCC ¿Cuál sería la secuencia de la proteína? .....

- A) Treonina (Thr), Arginina (Arg), Lisina (Lys), Serina (Ser)
- B) Alanina (Ala), Arginina (Arg), Fenilalanina (Phe), término (stop)
- C) Cisteína (Cys), Alanina (Ala), Fenilalanina (Phe), Serina (Ser)
- D) Treonina (Thr), Arginina (Arg), Fenilalanina (Phe), Serina (Ser)

Segunda Letra

		Segunda Letra					
		U	C	A	G		
Primera Letra	U	UUU Phe	UCU Ser	UAU Tyr	UGU Cys	U	
	UUC Phe	UCC Ser	UAC Tyr	UGC Cys	C		
	UUA Leu	UCA Ser	UAA STOP	UGA STOP	A		
	UUG Leu	UCG Ser	UAG STOP	UGG Tyr	G		
C	CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg	U		
CUC Leu	CCC Pro	CAC His	CGC Arg	C			
CUA Leu	CCA Pro	CAA Gln	CGA Arg	A			
CUG Leu	CCG Pro	CAG Gln	CGG Arg	G			
A	AUU Ilo	ACU Thr	AAU Asn	AGU Ser	U		
AUC Ilo	ACC Thr	AAC Asn	AGC Ser	C			
AUA Ilo	ACA Thr	AAA Lys	AGA Arg	A			
AUG Met	ACG Thr	AAG Lys	AGG Arg	G			
G	GUU Val	GCU Ala	GAU Asp	GGU Gly	U		
GUC Val	GCC Ala	GAC Asp	GGC Gly	C			
GUA Val	GCA Ala	GAA Glu	GGA Gly	A			
GUG Val	GCG Ala	GAG Glu	GGG Gly	G			

Tercera Letra

7. ¿En qué sitio de la célula se realiza el ensamblaje de las proteínas, con la información contenida en el RNAm? .....

- A) Nucleolo

- B) Retículo endoplásmico rugoso
- C) Retículo endoplásmico liso
- D) Aparato o complejo de Golgi

8. Si la célula requiere de la formación de una lipoproteína, una proteína de membrana con una modificación o “adecuación”, es decir, una proteína unida a un lípido específico, el proceso se realizaría en: ..... ( )

- A) Nucleolo y retículo endoplásmico rugoso
- B) Retículo endoplásmico rugoso y liso
- C) Retículo endoplásmico liso y complejo de Golgi
- D) Aparato o complejo de Golgi y ribosomas

9. La información del RNAm recién sintetizado es sobre una glucoproteína, proteína unida a un carbohidrato específico, cuyo destino será el medio extracelular ¿Dónde se realizaría el proceso de su construcción? ..... ( )

- A) Retículo endoplásmico rugoso y liso
- B) Retículo endoplásmico rugoso y ribosomas
- C) Retículo endoplásmico liso y complejo de Golgi
- D) Retículo endoplásmico rugoso y complejo de Golgi

10. Lee la información de los enunciados y relaciona ambas columnas. ....( )

ENUNCIADOS	RESPUESTAS
1. Los ribosomas son más grandes.	a. Células procariontes
2. Maduración de proteínas por el Retículo Endoplásmico Rugoso (RER) y Complejo de Golgi	b. Células eucariontes
3. La transcripción es de forma simultánea a la traducción.	
4. Existencia tres tipos de RNAr para realizar la traducción.	
5. Se forma sólo una molécula de RNAm	

- A) 2b, 3a, 4b, 5b, 1b
- B) 1b, 2b, 3a, 4b, 5a
- C) 2a, 3b, 4a, 5b, 1a
- D) 1a, 2a, 3b, 4b, 5a

Respuestas:  
1(A), 2(D), 3(C), 4(A), 5(A), 6(D), 7(B), 8(C), 9(D), 10(B)

Aprendizaje. Relaciona el tránsito de moléculas con el sistema de endomembranas a partir de la información genética contenida en la célula.

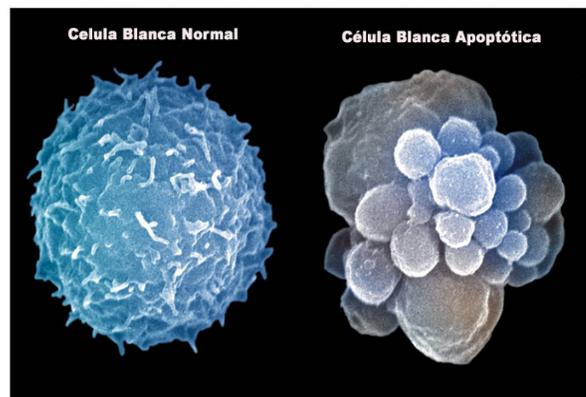
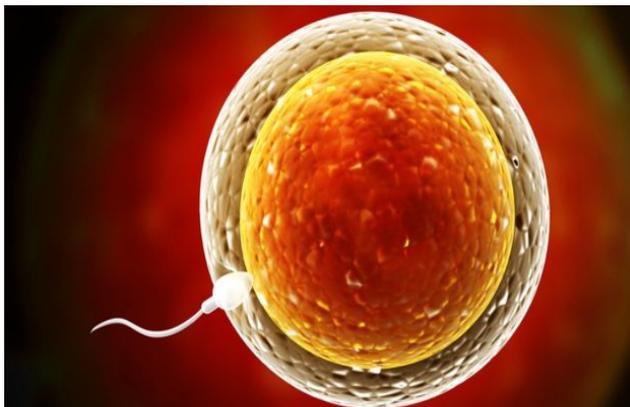
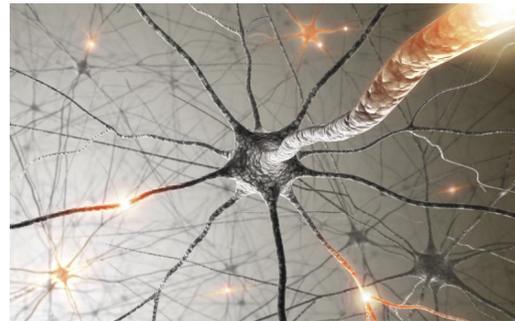
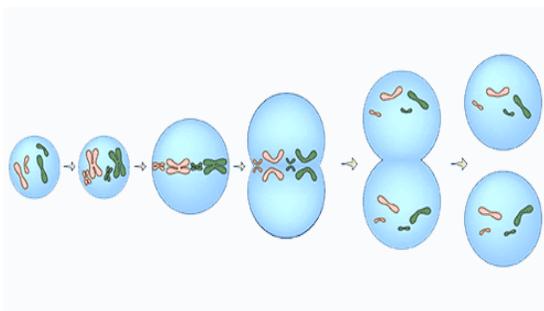
Tema 2. Estructura y función celular

Subtema 6. Flujo de información genética

## *Ciclo celular: mitosis*

*Miranda Herrera José Mario*

**El ciclo celular se puede considerar como una sucesión de etapas por las que transcurre la vida de una célula.** Una célula "nace" a partir de la división de una predecesora, pasa por una serie de etapas donde crece, duplica su tamaño y, por último, se divide para dar dos células hijas que comenzarán de nuevo el ciclo. Esto es lo que ocurre a las células que proliferan. Sin embargo, hay otras posibilidades. Así, muchas células no se dividirán nunca, como las neuronas, y otras nacerán no de la división sino de la fusión de dos células, como ocurre cuando se fusionan dos gametos para dar un cigoto y crear un organismo nuevo. Finalmente, algunas células morirán (Figura 1).



**Figura 1.** Imágenes que muestra células en división seguido de distintos tipos de células: neurona, óvulo y espermatozoide, célula blanca normal junto a una apoptótica. Tomadas de: [http://www.ejemplode.com/36-biologia/4444-ejemplo\\_de\\_celulas\\_somaticas.html](http://www.ejemplode.com/36-biologia/4444-ejemplo_de_celulas_somaticas.html), <http://www.elcolombiano.com/blogs/cienciaaldia/tag/celulas-germinales>

Hay dos grandes tipos de células en los organismos pluricelulares: las células somáticas y las células germinales. Las células somáticas son las que no producirán gametos, mientras que las células germinales sí (Figura 2).

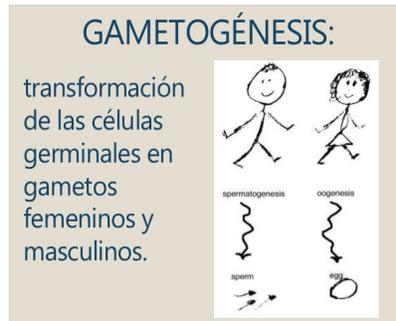
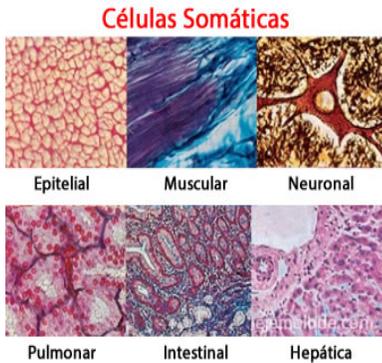


Figura 2. Imágenes que algunos ejemplos de células somáticas (izq.) y de las células germinales (centro y der.). Tomadas de: [http://www.ejemplode.com/36-biologia/4444-ejemplo\\_de\\_celulas\\_somaticas.html](http://www.ejemplode.com/36-biologia/4444-ejemplo_de_celulas_somaticas.html) <http://www.elcolombiano.com/blogs/cienciaaldia/tag/celulas-germinales>

Esta distinción es importante porque las células germinales dan lugar a los gametos por un proceso denominado meiosis, mediante el cual se consiguen cuatro gametos haploides a partir de una célula diploide. Las células somáticas que proliferan terminarán su ciclo celular dividiéndose y convirtiéndose en dos células hijas con la misma dotación génica que su antecesora por un proceso denominado **mitosis** (Figura 3).

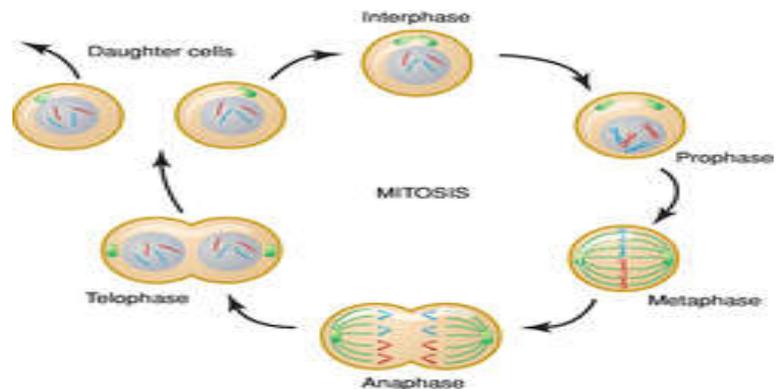


Figura 3. Esquema que representa de forma general el proceso de la mitosis. Tomada de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Mitosis>

## I. El descubrimiento de división celular

Walther Flemming, un profesor del siglo XIX en el Instituto de la Anatomía en Kiel, Alemania fue el primero en documentar los detalles de la división celular (Figura 4). El uso de microscopios para estudiar tejidos biológicos fue una tecnología emergente en los tiempos de Flemming, y se le consideraba como un innovador en esa área.

Siendo un profesor en Kiel, Flemming, experimento con una técnica utilizando tintes para pintar a los especímenes que él quería examinar bajo un microscopio. Los microscopios en la década de 1870 no estaban equipados con fuentes de luz eléctrica como están hoy en día, entonces teñir los especímenes le permitió verlos en mayor detalle. Encontró que los tintes de anilina eran particularmente útiles debido a que los diferentes tipos de tejidos absorbieron los teñidos en intensidades variables dependiendo de la composición química. El efecto fue que diferentes partes de una célula absorben más tinte, en efecto “resaltándolos” como se ve en la figura 5, para revelar estructuras y procesos que eran invisibles anteriormente.



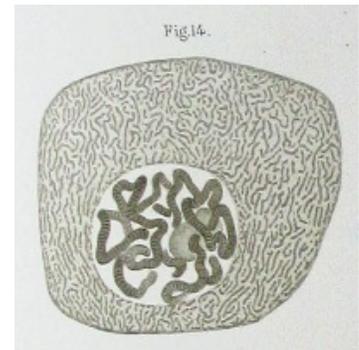
Figura 4. Walther Flemming. Tomada de: [https://www.visionlearning.com/img/library/large\\_images/image\\_6587.jpg](https://www.visionlearning.com/img/library/large_images/image_6587.jpg)



**Figura 5.** Células teñidas (izq.) y células desteñidas (der.)

Tomadas de: [https://www.visionlearning.com/img/library/large\\_images/image\\_6588.jpg](https://www.visionlearning.com/img/library/large_images/image_6588.jpg)

Flemming utilizó estos tintes para estudiar células. Particularmente, se interesó en el proceso de la división celular. Comenzó una serie de observaciones bajo el microscopio utilizando muestras teñidas de tejido de animal y encontró que es una masa particular de material dentro del núcleo de células no absorbía bien el tinte. No tenía nombre para ello en ese entonces, pero le llamo “cromatina” de chroma, la palabra griega que significa color (Zacharias, 2013). Flemming hizo dibujos de lo que vio debajo del microscopio para ilustrar varias publicaciones que él produjo en sus investigaciones (Figura 6).



**Figura 6.** Dibujo de célula de Flemming.

Tomada de: [https://www.visionlearning.com/img/library/large\\_images/image\\_6590.jpg](https://www.visionlearning.com/img/library/large_images/image_6590.jpg)

Flemming realizó muchos de sus experimentos con muestras de tejido de salamandras de fuego, una especie que habita en bosques el Norte de Europa debido a que la cromatina en su núcleo era grande en comparación a otros organismos disponibles para estudio. Después de muchas horas de observación, Flemming comenzó a ver un patrón en donde las células periódicamente hacen la transición de una etapa de descanso a una etapa de actividad frenética que convierte a un núcleo en dos y después separa la célula creando dos células – cada una con su propio complemento de cromatina envuelta en el núcleo.

Hoy en día llamamos *mitosis* al proceso del núcleo dividiéndose en dos núcleos y la división del citoplasma se llama *citocinesis*. Los términos empezaron a ser usados muchos años después del descubrimiento de Flemming, pero él describió el proceso completamente en su libro *Zur Kenntnis der Zelle und ihrer Theilungs-Erscheinungen* (Al conocimiento de la célula y su fenómeno de la división) (Flemming, 1878).

## II. Ciclos de vida celular

Los patrones alternos de actividad e inactividad que Flemming observó en sus muestras se les refiere comúnmente ahora como un **ciclo de vida de una célula** – o comúnmente llamado el **ciclo celular**. Diferentes tipos de células de animales - como hueso, piel, corazón o células de nerviosas – tienen diferentes ciclos celulares. Ciclos de vida varían entre tipos de células, pero

todas las células eucariotas pueden ser separadas en 4 fases distintas: la fase G<sub>1</sub>, cuando la célula crece en preparación a una división eventual: la fase S, en donde el ADN dentro del núcleo realiza una copia completa de ella misma; la fase G<sub>2</sub>, cuando la célula revisa y corrige cualquier error que pueda haber ocurrido durante la duplicación del ADN; y una fase M (por mitosis), cuando el núcleo de la célula se divide en dos núcleos idénticos, inmediatamente seguido por citocinesis - división celular. La duración y frecuencia de estas fases son diferentes para distintos tipos de células..

En las células eucariotas más complejas, las fases G<sub>1</sub>, S y G<sub>2</sub> se les refiere colectivamente como *interfase*, ya que estas fases no se pueden distinguir, solo viendo las células debajo de un microscopio. Inclusive células que están creciendo y dividiéndose rápidamente en nuestros cuerpos pasan aproximadamente 78% de sus vidas en interfase. Durante la interfase, las células eucariotas crecen al doble del tamaño, sintetizan nuevas hebras de ADN y se preparan para mitosis o citocinesis.

Algunas células, como las células epidérmicas entrarán la fase mitótica y se dividirá frecuentemente a lo largo de su vida para poder acomodar cambios en tamaño al crecer un organismo o a generar nuevas células para reparar tejidos dañados por enfermedades o lesiones. Otras células, como células musculares, células del sistema nervioso y glóbulos rojos estarán en una fase permanente G<sub>0</sub> sin volver a entrar a la fase mitótica. Incluyendo las células que están ocupados reproduciéndose constantemente a lo largo de sus vidas pasan bien poco tiempo en la fase mitótica (fase M) en comparación a otras fases de su ciclo de vida (Figura 7).

**El ciclo celular de los distintos tipos celulares dentro de un tejido o de un organismo debe estar fuertemente controlado y coordinado.** Durante el desarrollo embrionario y juvenil de los animales se crece en tamaño y muchos tipos celulares contribuyen a ello. Sin embargo, alcanzado el tamaño adulto muchas poblaciones celulares detienen o disminuyen sus tasas de proliferación, ajustándolas a las necesidades de reparación, mantenimiento o supervivencia del organismo. En algunas ocasiones ocurren errores en ciertas células que escapan a dichas regulaciones del ciclo celular y se dividen sin control. Éstas son las células **cancerosas** (Figura 8).

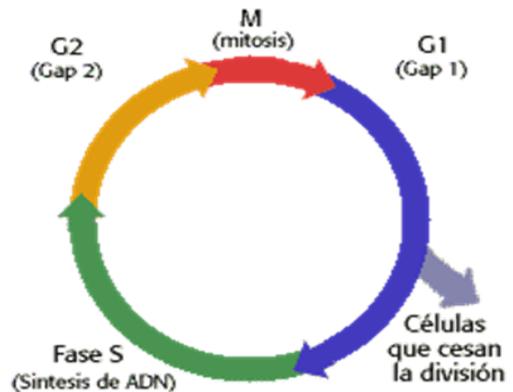


Figura 7. Fases del ciclo celular. Tomada de: <http://www.botanica.cnba.uba.ar/Pakete/Dibulgeneral/Divcelu/CicloCelular.htm>

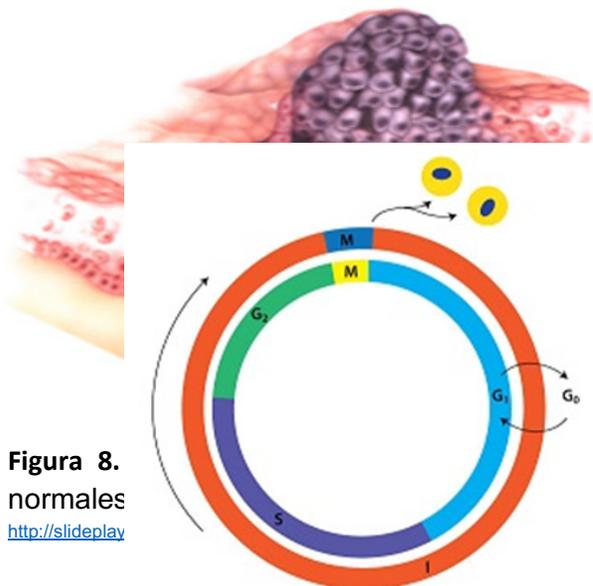


Figura 8. normales <http://slideplay>

## II. 1 Fases del ciclo celular

### Fase G1

La fase G1 abarca desde el nacimiento de una célula hasta que entra fase S. Durante G1 la célula crece y se prepara para la replicación del ADN en las células que proliferan. Durante G1 la célula puede abandonar el ciclo celular y pasar a estado quiescente (G0), diferenciarse, entrar en senescencia o morir por apoptosis. Las decisiones que se toman en G1 dependen de complejos moleculares llamados puntos de control, basados en quinasas dependientes de ciclinas (CdKs). El principal punto de control se denomina punto de restricción y decide si la célula entra en fase S o no (Figura 9).

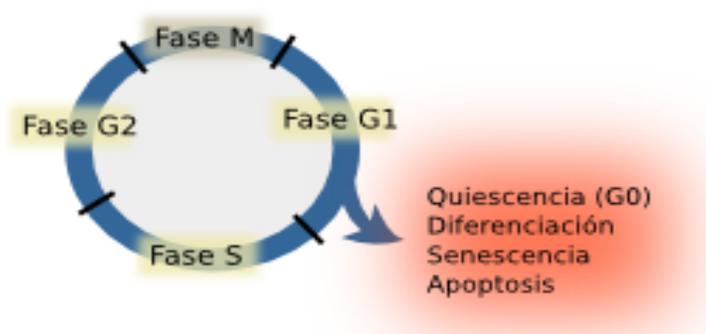
La fase G1 es el periodo del ciclo celular que abarca desde que termina la fase M hasta que comienza la fase S. Durante la fase G1 la célula comprueba las condiciones externas e internas y decide si continuar con el ciclo celular o no. En un organismo metazoo, el avance del ciclo celular está condicionado por señales externas, como adhesión, factores tróficos o mitógenos, entre otros, que emiten otras células del organismo. Las señales internas son aquellas que informan del estado de salud de la célula, como una correcta dotación de elementos celulares tras la división, una segregación correcta de los cromosomas, etcétera. Si todas estas señales son propicias la célula crecerá en tamaño y se preparará para entrar en la fase S.

Sin embargo, la mayoría de las células de organismos pluricelulares adultos no se dividen constantemente, sino que detienen su ciclo celular en la fase G1, temporal o permanentemente. Detener el ciclo celular supone que la célula se va a diferenciar, a quedar quiescente, a sufrir un periodo de senescencia o a morir por apoptosis. Cuando la célula queda detenida en fase G1 en forma quiescente se dice que está en fase G0 (figura 10).

Desde los estados de quiescencia y de célula diferenciada en algunos tipos celulares se puede volver a retomar el ciclo celular. Por tanto, tenemos cuatro decisiones posibles que se toman en la fase G1 y todas ellas dependen de complejos moleculares o puntos de control que la célula debe ir sorteando para llegar a la fase S. Cuando uno de ellos no se pasa se dice que la célula ha tomado una decisión, pero si no se detiene en ninguno se dividirá, siendo éste el camino por defecto.

Las moléculas que están en la base de los puntos de control, y por tanto de la progresión del ciclo celular, son las quinasas dependientes de ciclinas o CdKs (*Cyclin-dependent kinases*). Estas enzimas, se han encontrado 9 diferentes en las células eucariotas, necesitan estar unidas

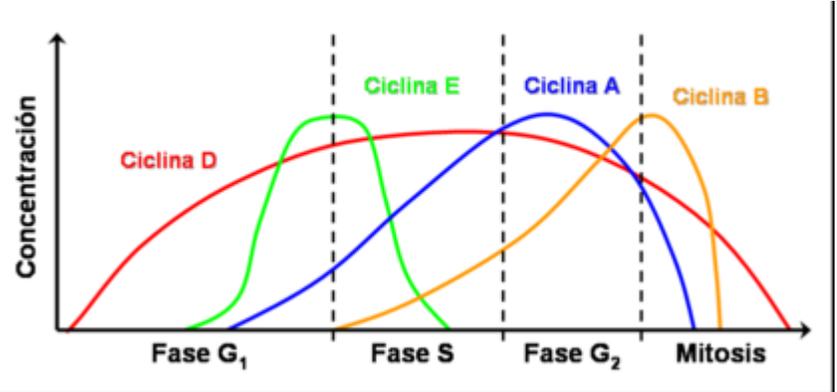
**Figura 9.** Esquema que ejemplifica las fases del ciclo celular. Distinguir la fase G1 y G0 en él (izq.) Tomada de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_celular](https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_celular)



**Figura 10.** Esquema que ejemplifica la posición de la fase G0 en relación al ciclo celular y los procesos que se puede relacionar como la apoptosis. Tomada de: <http://www.efn.uncor.edu/departamentos/biologia/intrbiol/ciclo.htm>

a unas proteínas denominadas ciclinas y además ser activadas por fosforilación. Una vez activadas son las responsables de fosforilar numerosos sustratos, entre los que se encuentran los inhibidores del avance del ciclo celular, permitiendo así que el ciclo progrese.

Las ciclinas son moléculas que se sintetizan de forma periódica durante el ciclo celular y se han encontrado hasta 16 ciclinas diferentes en las células eucariotas, siendo las más importantes para el avance del ciclo celular las A, B, D y E. Las ciclinas D y E son importantes para el avance de la fase G<sub>1</sub>. Los complejos Cdk/ciclina D y Cdk/ciclina E actúan fosforilando al factor de transcripción Rb (retinoblastoma), que forma parte del último punto de control de la fase G<sub>1</sub> (Figura 11).



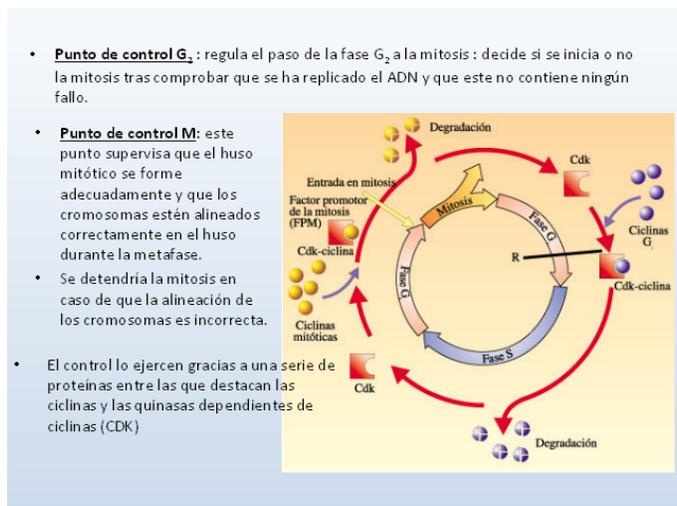
**Figura 11.** Gráfico que ejemplifica la concentración de los tipos de ciclinas dependiendo de la fase del ciclo donde se encuentre la célula. Tomada de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclina\\_B](https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclina_B)

A este último punto de control en el que se fosforila a Rb se le denomina punto de restricción, porque si se pasa se entra irremediamente en la fase S. Es importante porque **se decide si la célula se dividirá o no**. Los elementos centrales de este punto de restricción son la Cdk-ciclina, la molécula Rb y el factor E2F. Rb de fosforilado inhibe el avance del ciclo celular porque reprime la expresión de los genes necesarios para entrar en fase S, pero cuando es fosforilado por las CDKs-ciclina activa al factor E2F, el cual permitirá que se inicie la expresión de los genes implicados en la replicación del DNA (Figura 12).

Todo este entramado molecular integra señales de las condiciones celulares (alimento, señales tróficas, etcétera), del posible daño del ADN durante la segregación de cromosomas o en la fase de crecimiento de celular posterior, puede que también del tamaño apropiado de la célula. Si todo es correcto, dicho punto se sobrepasará y se comenzará la fase S.

#### IV. Fases

En la fase **S** se produce la replicación del ADN. El ADN empieza a copiarse en múltiples sitios, de manera simultánea, denominados orígenes de replicación. La replicación de ADN es

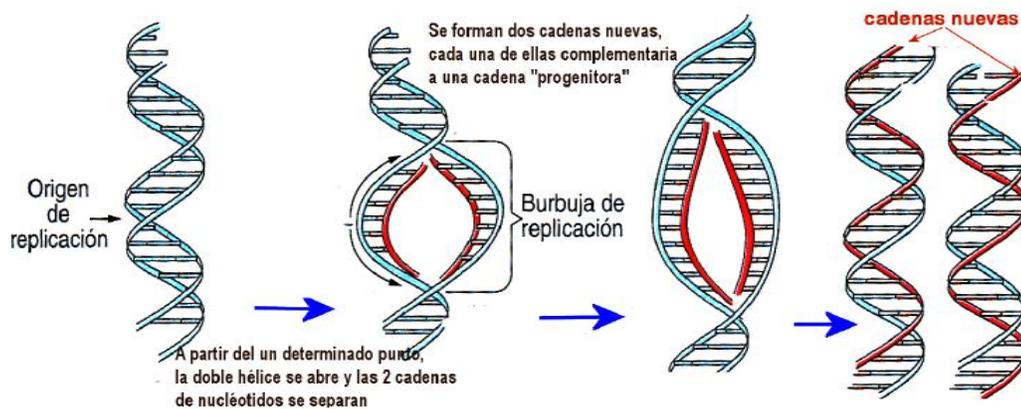


**Figura 12.** Esquema que muestra los puntos de restricción que controlan el ciclo celular. Tomada de: <http://mylaboratorio.blogspot.mx/2007/10/ciclo-celular.html> DNA, así como en la duplicación del centrosoma en las células animales.

semiconservativa. Una de las cadenas de una horquilla de replicación se copia más lentamente que la otra. La fase S comienza cuando se ha pasado el punto de restricción de la fase G1. Se producen dos sucesos importantes: replicación del ADN y duplicación de los centrosomas en las células animales.

### Replicación del ADN

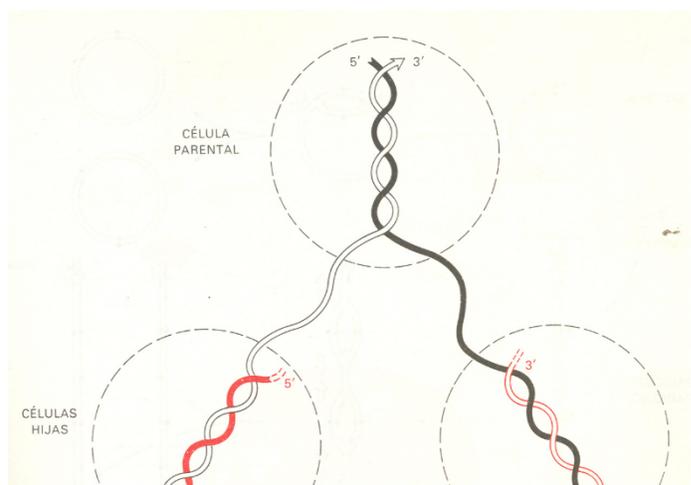
El ADN está formado por dos cadenas de desoxirribonucleótidos o bases nucleotídicas. Ambas cadenas están unidas por puentes de hidrógeno que se establecen entre bases complementarias (adenina-timina, citosina-guanina), formando una doble hélice. Las dos cadenas se disponen de forma antiparalela entre sí. Esto quiere decir que el extremo 3' de una cadena está al lado del 5' de la otra cadena. Es decir, un extremo de la doble cadena posee un extremo 3' de una cadena y un extremo 5' de la otra. Para la duplicación del ADN hay que separar las dos cadenas rompiendo los puentes de hidrógeno y copiarlas simultáneamente.



**Figura 13.** Representación general de la replicación del DNA. Tomada de: <http://biogeo.esy.es/BG2BTO/geneticamoleculat.htm>

A nivel de duplicación de las células, las cadenas hijas van a cada una de las células hijas (Figura 14).

El ADN de una célula eucariota no se copia empezando por un solo punto, esto llevaría demasiado tiempo, sino en múltiples sitios a la vez denominados orígenes de replicación. La célula dispone de los mecanismos necesarios para evitar que un origen de replicación se active más de una vez. Si no fuese así se producen más de una copia, lo que podría ser letal. Se consigue por un mecanismo en dos pasos. En el primero se organiza la maquinaria molecular necesaria para iniciar el

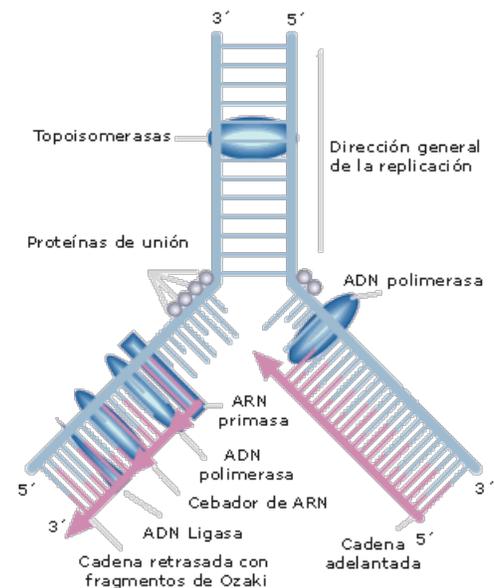


**Figura 14.** Representación de la formación de las cadenas nuevas, también llamadas cadenas "hijas" a partir de la cadena molde o "vieja". Tomada de: <http://biogeo.esy.es/BG2BTO/geneticamoleculat.htm>

proceso de copia y en segundo lugar se recibe una "licencia" para comenzar la replicación.

Para que se inicie la replicación se separan, no se rompen, las dos cadenas del ADN por una helicasa. A las cadenas libres se une una enzima denominada primasa (en eucariotas es un complejo formado por un ADN polimerasa  $\alpha$  más una subunidad de una primasa) que sintetizarán un pequeño fragmento de ARN de unos 10 nucleótidos complementarios a una secuencia de la cadena de ADN, uno distinto en cada cadena. A estas pequeñas secuencias de ARN se les denomina cebadores o "primers". Entonces se reclutan las polimerasas  $\delta$  y  $\epsilon$ , las cuales añadirán al extremo 3' desoxirribonucleótidos complementarios en la dirección del extremo 5' de la cadena copiada. Por tanto, formarán una cadena de nueva síntesis complementaria a cada una de las existentes previamente. Por eso se dice que la replicación es semiconservativa, una cadena nueva sobre una vieja. Un paso adicional es la eliminación del cebador de ribonucleótidos, llevado a cabo por las ARNasas, y su sustitución por desoxirribonucleótidos. El hueco se copiará por las DNA polimerasas que vienen copiando desde un origen de replicación situado más atrás en la cadena.

La apertura inicial de la doble cadena de DNA supone la creación de una horquilla de replicación. A partir de ella se copiarán las cadenas en las dos direcciones. Sin embargo, las DNA polimerasas añaden desoxirribonucleótidos exclusivamente en dirección 5' — » 3' (5' a 3' de la cadena copiada). Ello supone que la copia en la dirección 3' a 5' necesita de un proceso ligeramente más complicado. Así, en la zona de apertura de la doble hélice se irán añadiendo cebadores espaciados y serán los espacios entre estos cebadores los que llenarán las DNA polimerasas con nucleótidos complementarios, pero siempre en dirección 3'. Esto supone que hay un proceso continuo de creación de cebadores, copia de DNA, eliminación de los cebadores más antiguos, copia del espacio dejado por ellos por las DNA polimerasas y sellado de los segmentos de ADN con las enzimas denominadas ligasas. A estos fragmentos de DNA que se sintetizan periódicamente y son ligados entre sí para formar una cadena continua se les denomina fragmentos de Okazaki (Figura 15).



**Figura 15.** Representación del proceso de la replicación del DNA: formación de dos cadenas nuevas. Tomada de: <http://www.biologia.edu.ar/adn/adntema1.htm>

Es importante tener en cuenta que no todo el DNA se está replicando a la vez. Se estima que en cualquier momento de la fase S se está copiando entre un 10 y un 15 % del DNA total. Si se detectan roturas del DNA, mediante los sistemas de control, la copia del resto del DNA se detiene. Otros eventos están ligados a la replicación del DNA como la síntesis de histonas, que debe también duplicar su número, y la duplicación de los centrosomas en las células animales, necesarias para organización del huso mitótico.

## Fase G2

La fase S del ciclo celular da paso a la fase G<sub>2</sub>, la cual termina con la entrada en la fase M o mitosis. En la fase G<sub>2</sub> se acumulan progresivamente aquellas moléculas cuyas actividades serán necesarias durante la fase M. Tradicionalmente se ha considerado como un estado de tránsito entre las fases S y M. Durante esta etapa, sin embargo, se comprueba si ha habido errores durante la replicación del DNA y si se ha producido su duplicación completa. Si estos defectos son detectados la célula no entrará en fase M y el ciclo celular se detendrá hasta que los daños sean reparados o el DNA sea completamente copiado. Se puede entender que estos mecanismos son críticos para la célula puesto que los errores no detectados pasarán irremediablemente a las células hijas. Durante la fase G<sub>2</sub> las células también aumentarán en tamaño y los centrosomas, duplicados durante la fase S, se dirigirán a lugares opuestos de la célula para formar posteriormente el huso mitótico.

El límite entre las fases G<sub>2</sub> y M no está totalmente claro y algunos autores consideran este cambio en la mitad de la profase mitótica. De cualquier manera, el fin de la fase G<sub>2</sub> está mediado por la quinasa dependiente de ciclina (CdK) tipo 1 y por la ciclina B1. La ciclina B1 se sintetiza durante la fase S tardía. Es este complejo, más otras proteínas quinasas y fosfatasas, el que determina si la célula entrará en la fase M, es decir, es un punto de control.

### **III. Fase de (división celular) Mitosis y citocinesis (M)**

En la fase **M** se produce la segregación de los componentes intracelulares en dos células hijas. Consta de los procesos: mitosis (profase, metafase, anafase, telofase) y citocinesis.

Profase: condensación de la cromatina, desorganización de algunos orgánulos. Prometafase: desorganización de la envuelta nuclear.

Metafase: ordenación de los cromosomas en la placa ecuatorial, una región equidistante entre los dos centrosomas del huso mitótico.

Anafase: separación de las cromátidas que forman los cromosomas y migración hacia los centrosomas.

Telofase: descondensación de las cromátidas y organización de la envuelta nuclear.

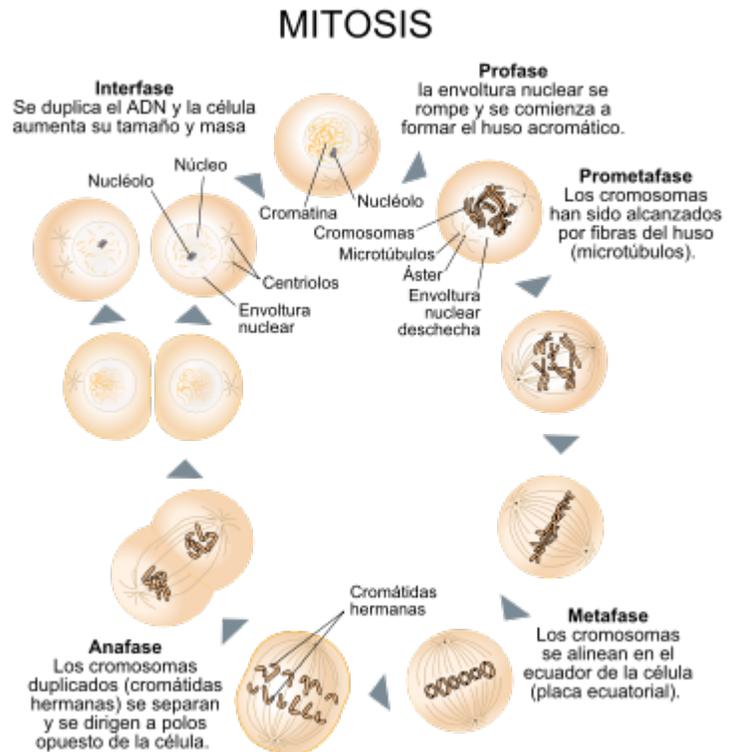
Citocinesis: formación del surco de escisión y separación de los citoplasmas de las dos células hijas.

La fase M supone la división de una célula en dos células hijas (mitosis). Conlleva una serie de procesos encaminados a repartir los componentes celulares sintetizados durante las fases anteriores del ciclo celular, destacando el ADN duplicado en la fase S, entre las dos células hijas resultantes de una forma generalmente equitativa. La fase M se divide en procesos que corren paralelos: mitosis con las etapas profase, metafase, anafase, telofase y la citocinesis. Algunos autores incluyen a la citocinesis como una etapa de la telofase. La mitosis va encaminada a repartir a los cromosomas entre las dos células hijas y sus fases se relacionan con lo que ocurre con los cromosomas: compactación, formación y movimiento de los cromosomas y descondensación.

La citocinesis es el proceso de división del citoplasma en dos partes por estrangulamiento celular, lo que provoca la fisión y fusión de la membrana plasmática, dando como resultado dos células independientes. Aunque la mayoría de los procesos que vamos a describir se basan en cambios en la cromatina, hay que tener en cuenta que los orgánulos y demás componentes celulares también sufren procesos de desorganización, respecto a la organización que presentaban en las fases G1, S y G2 del ciclo celular, y su posterior reparto entre las células hijas.

### III. 1 Mitosis

La mitosis supone un cambio drástico en las células y la formación del huso mitótico, una estructura formada por microtúbulos y cromosomas. En las células animales, en los polos del huso se localizan los centrosomas. Existen dos formas de mitosis denominada abierta y cerrada, respectivamente.



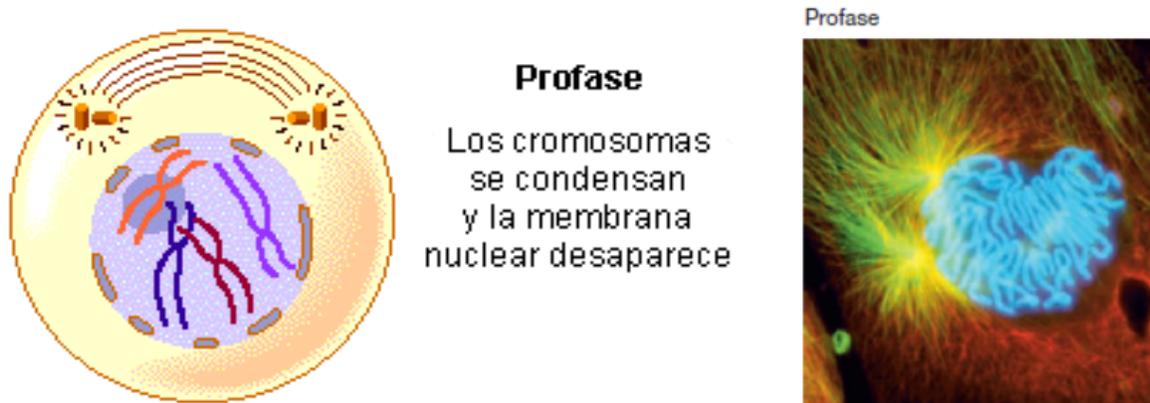
La mitosis abierta es aquella en la que la formación del huso mitótico implica la desorganización de la envoltura nuclear, mientras que la mitosis cerrada es aquella en la que el huso mitótico se forma en el interior del núcleo y la envuelta nuclear no se rompe, pero sí se estrangula para formar dos núcleos nuevos. En la mitosis cerrada el citoplasma no entra en contacto con los cromosomas. Aunque pareciera que la mitosis abierta y cerrada son dos sistemas totalmente diferentes, existen formas intermedias donde la envoltura nuclear es parcialmente conservada y en otras el huso se forma en el citoplasma, pero la envuelta permanece intacta (Figura 16).

#### Profase

La profase comienza con la condensación del ADN, de manera que llegan a ser visibles las cromátidas de forma aislada, y con la desaparición del nucléolo. La condensación parece estar favorecida por la fosforilación de las histonas que componen la cromatina. En el citoplasma también se producen acontecimientos. Hay una desorganización parcial de los filamentos del citoesqueleto, y pérdida de adhesividad, lo que hace que las células adquieran una forma redondeada al entrar en mitosis. Hacia el final de la fase S la célula duplica su centrosoma, cuyos descendientes inicialmente permanecen juntos.

**Figura 16.** Representación del proceso de la mitosis. Tomada de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Mitosis>

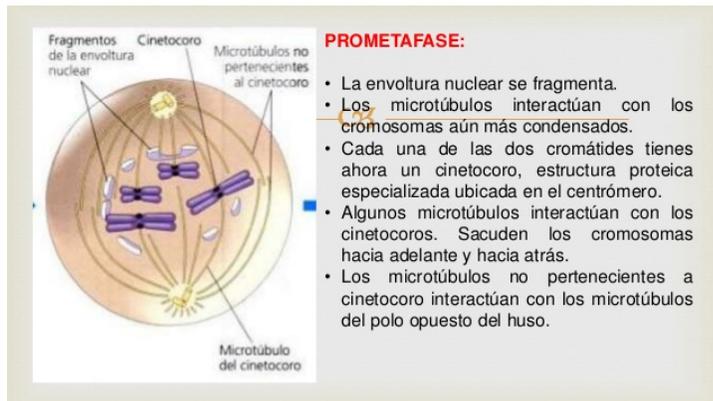
Cuando se inicia la profase los centrosomas viajan a polos opuestos dentro de la célula, conducidos por proteínas motoras y microtúbulos. Entonces ambos centrosomas polimerizan y organizan un sistema de microtúbulos con una alta inestabilidad dinámica, alternancia entre crecimiento y decrecimiento, que posteriormente formarán el denominado huso mitótico. Los orgánulos, como el retículo endoplasmático y el aparato de Golgi, se fragmentan y disminuye enormemente el tráfico vesicular (Figura 17). La envuelta nuclear todavía no se ha roto.



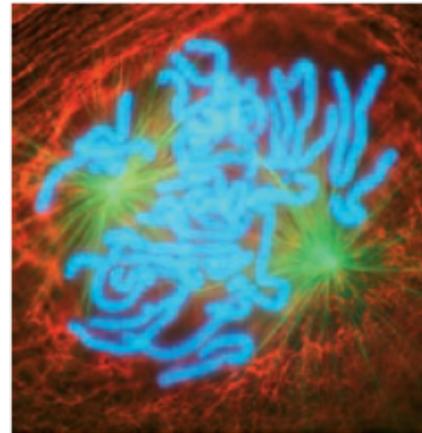
**Figura 17.** Izq. Representación de los procesos realizados en la profase. Der. Micrografía de fluorescencia (en el centro se visualiza la cromatina: DNA). Tomada de: <https://www.pinterest.es/pin/176625616619576710/>

Algunos autores distinguen una fase denominada prometafase en la que se empieza a desorganizar la envuelta nuclear, la cual se fragmenta en pequeñas vesículas, desencadenado por la fosforilación de las proteínas que constituyen la lámina nuclear. Entonces los microtúbulos pueden penetrar entre las cromátidas. Las cromátidas, que al principio presentan una cromatina poco empaquetada se convierten rápidamente en cromosomas típicos por compactación progresiva. Los extremos de los microtúbulos forman uniones con lugares concretos de los cromosomas llamados cinetocoros, localizados en los centrómeros. Cada cromosoma tiene dos cinetocoros. Los microtúbulos que contactan con los cinetocoros se denominan cinetocóricos. Como los cinetocoros están orientados en lugares opuestos, los dos centrosomas envían microtúbulos que contactan con un mismo cromosoma.

El número de microtúbulos que contacta con un cinetocoro es variable y en humanos suele ser de 20 a 40, mientras que en las levaduras es uno solo. Otros microtúbulos, partiendo de centrosomas opuestos, no interaccionan con la cromatina, sino que lo hacen entre sí. Contactan con sus extremos más y llegan a estabilizarse, deteniéndose la inestabilidad dinámica. Estos microtúbulos se denominan polares (Figura 18).



Prometafase



**Figura 18.** Izq. Representación de los procesos realizados en la prometafase. Der. Micrografía de fluorescencia (en el centro se visualiza la cromatina: DNA). Tomada de: <https://www.pinterest.es/pin/176625616619576710/>

## Metafase

Al final de la profase (o prometafase) las cromátidas hermanas están unidas entre sí y también a los microtúbulos cinetocóricos del huso mitótico. Las dos cromátidas hermanas unidas forman los cromosomas, que son desplazados hacia el centro del huso mitótico, equidistante a los dos centrosomas, formándose la denominada placa ecuatorial. Esto define a la metafase. Los desplazamientos son consecuencia del acortamiento y alargamiento de los microtúbulos, así como de la acción de las proteínas motoras. Durante este periodo los cromosomas se mueven para ocupar su posición en la placa ecuatorial y a veces se desplazan temporalmente fuera de ésta. Ello es indicio del tira y afloja que mantienen los microtúbulos de cada centrosoma.

El huso mitótico es un entramado de microtúbulos, proteínas asociadas a los microtúbulos (MAPs) y proteínas motoras (dineínas y quinesinas). Se forma durante la profase y adquiere su forma definitiva durante la metafase, donde los extremos menos de los microtúbulos se concentran en dos polos separados en la célula y los extremos más de los microtúbulos que parten de ambos polos contactan con los cinetocoros de los cromosomas, de modo que todos los cromosomas son contactados por microtúbulos que parten de ambos polos. A estos microtúbulos se les llama cinetocóricos y la zona donde se encuentran los cromosomas contactados por ellos se denomina placa ecuatorial.

Desde los polos también parten otros microtúbulos, denominados astrales o áster, pero en dirección opuesta a la placa ecuatorial y cuyos extremos más contactan con la zona del citoplasma próxima a la membrana plasmática. Existen otros microtúbulos denominados interpolares que se encuentran entre los cinetocóricos pero que no contactan con los cromosomas. Estos microtúbulos interpolares tampoco parecen tener su extremo menos anclado en los polos del huso (Figura 19).

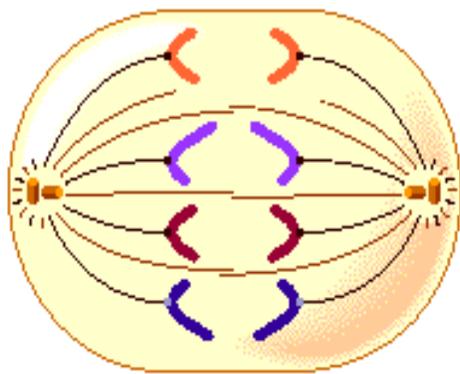


**Figura 19.** Izq. Representación de los procesos realizados en la metafase. Der. Micrografía de fluorescencia (en el centro se visualizan los cromosomas: DNA). Tomada de: <https://www.pinterest.es/pin/176625616619576710/>

### Anafase

La anafase comienza con la rotura de las conexiones entre cromátidas hermanas a nivel del centrómero gracias a la participación de proteasas, de manera que cada cromátida irá hacia uno de los centrosomas. La velocidad del desplazamiento es normalmente de 1  $\mu\text{m}$  por minuto. Existen dos etapas: la anafase A, en la cual los microtúbulos cinetocóricos se acortan por despolimerización, tanto en el extremo menos como en el más; mientras que en la anafase B los propios centrosomas se separan entre sí, empujados por los microtúbulos polares, favoreciendo aún más la separación de las cromátidas.

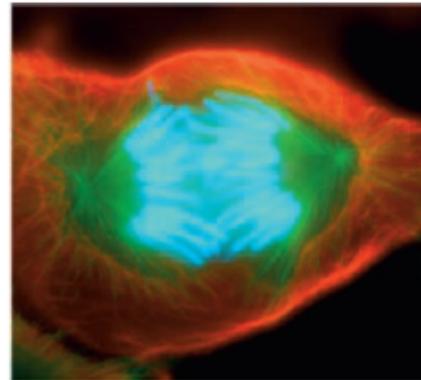
Esta separación de los centrosomas va acompañada por una elongación de los microtúbulos polares, aportando la fuerza las proteínas motoras, que hace que se deslicen unos microtúbulos polares sobre los otros. También parece que otras proteínas motoras se asocian a los microtúbulos que salen desde los centrosomas en dirección opuesta a las cromátidas y contactan con el córtex celular, tirando de los centrosomas. Son los microtúbulos del áster. En los husos mitóticos grandes, donde el número de microtúbulo puede llegar a miles, como ocurre en las células de algunos anfibios y del endospermo de angiospermas, hay microtúbulos que no tienen sus extremos conectados a ningún polo del huso y la mayoría están asociados a los cromosomas (Figura 20).



### Anafase

Los cromosomas se han separado y se mueven hacia los polos

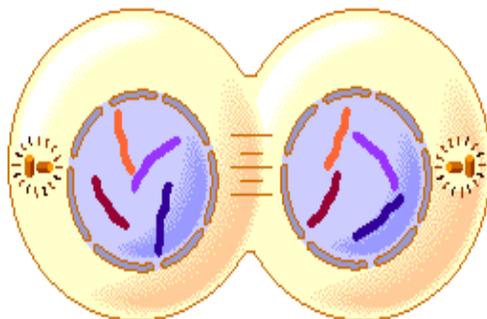
### Anafase



**Figura 20.** Izq. Representación de los procesos realizados en la anafase. Der. Micrografía de fluorescencia (en el centro se visualizan los cromosomas: DNA). Tomada de: <https://www.pinterest.es/pin/176625616619576710/>

### Telofase

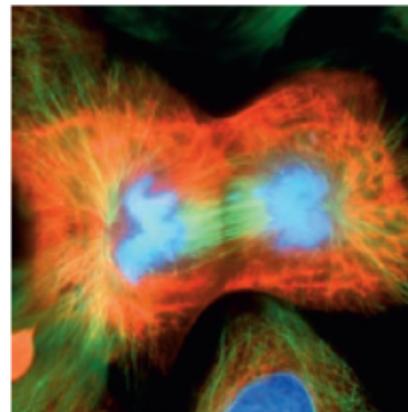
Durante esta fase se organiza de nuevo la envuelta nuclear alrededor de cada conjunto de cromátidas que han migrado hacia cada uno de los centrosomas formando los dos núcleos hijos. Esto se produce por desfosforilación de las proteínas que constituyen la lámina nuclear. También se forman los poros nucleares y la cromátidas comienzan a descondensarse. Los microtúbulos se han liberado previamente de los cinetocoros.



### Telofase

Los cromosomas están en los polos y son más difusos. La membrana nuclear se vuelve a formar. El citoplasma se divide

### Telofase

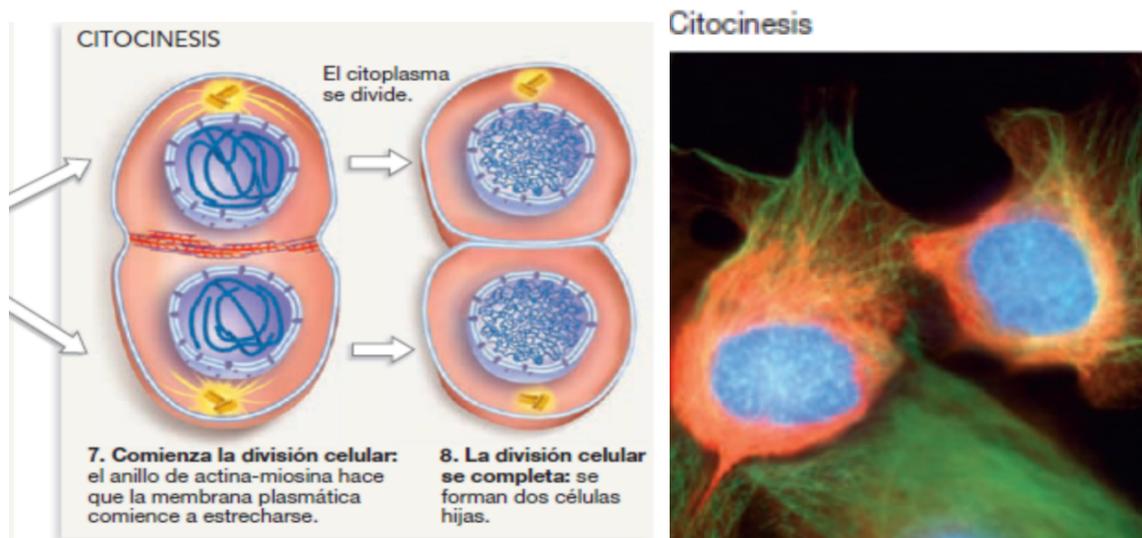


**Figura 21.** Izq. Representación de los procesos realizados en la telofase. Der. Micrografía de fluorescencia (en círculos más pequeños se visualizan los cromosomas: DNA). Tomada de: <https://www.pinterest.es/pin/176625616619576710/>

Reorganización de la envuelta nuclear y formación del núcleo durante la telofase. La envuelta nuclear se origina a partir de membranas del retículo endoplasmático. Proteínas localizadas en la membrana interna de la envuelta nuclear enlazan la cromatina a la envuelta.

## Citocinesis

La citocinesis es la etapa final del ciclo celular y supone la separación del citoplasma de la célula madre en dos partes que conformarán a las células hijas. Esta separación tiene lugar tras la segregación de los cromosomas, si no podría dar lugar a las ploidías (desigual cantidad de cromosomas en las células hijas). La citocinesis es diferente en animales, plantas y hongos. Pero en todos se sigue una serie de etapas: elección del plano de división, ensamblaje de la maquinaria de división y separación de las células (Figura 22).



**Figura 22.** Izq. Representación de la citocinesis: separación del citoplasma. Der. Micrografía de fluorescencia (los cromosomas: DNA, se ven "aglutinados" en dos grupos más pequeños, es decir, dos células hijas). Tomada de: <https://www.pinterest.es/pin/176625616619576710/>

En las células animales el plano en el que se producirá la división viene determinado por la orientación del huso mitótico y el primer indicio observable del arranque de la citocinesis es la formación de un surco en la superficie celular llamado surco de escisión, que es perpendicular al huso mitótico y se sitúa en una posición ecuatorial. Este surco se produce por la acción de los filamentos de actina y por la miosina, que conjuntamente forman el denominado anillo de escisión. Este anillo se comienza a ensamblar al final de la anafase. El desplazamiento de unos filamentos de actina sobre otros, como ocurre durante la contracción muscular, produce un fenómeno de estrangulamiento.

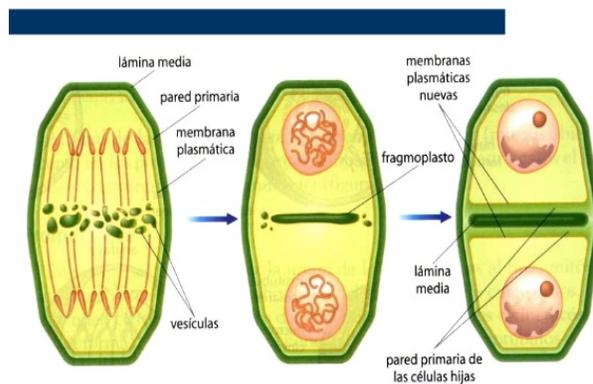
Este anillo de escisión es transitorio y se forma sólo durante la citocinesis para después desaparecer. Para completar la citocinesis han de eliminarse los restos del huso mitótico atrapados durante el estrangulamiento, desorganizarse el propio anillo y romperse y sellarse las membranas plasmáticas. Recientemente se ha visto que, en las células animales, al igual que en las vegetales, el tráfico vesicular participa en la finalización de la citocinesis: se necesita más membrana y moléculas que lleven a cabo la rotura y sellado de la membrana plasmática, de forma parecida a lo que ocurre con las vesículas del tráfico vesicular (Figura 23).



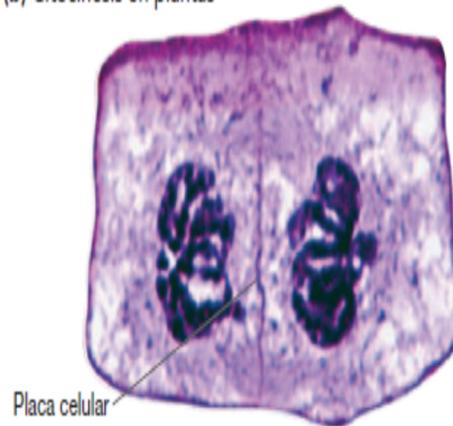
**Figura 23.** Esquemas que representan la citocinesis en animales, se observa el surco de división o anillo contráctil. Tomada de: <https://www.pinterest.es/pin/176625616619576710/>

En las células vegetales y los hongos la citocinesis es diferente a causa de la presencia de la pared celular. En las plantas las células hijas se separan, no por la formación de un anillo contráctil, sino por la formación de una nueva pared celular en el interior de la célula que se va a dividir y que será lo que finalmente separará a las dos células hijas. La formación de esta nueva pared celular está mediada por lo que se denomina el fragmoplasto, que inicialmente posee como componentes a los restos de los microtúbulos polares del huso mitótico y a vesículas procedentes del aparato de Golgi. Estas vesículas se transportan hasta la zona media gracias a proteínas motoras y se fusionan entre sí para formar membrana y su contenido constituirá la lámina media de la futura pared celular. En las plantas la nueva pared crece de manera centrífuga, es decir, desde el interior hacia la periferia celular (Figura 24).

### Citocinesis vegetal



### (b) Citocinesis en plantas

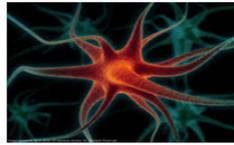


**Figura 24.** Esquemas que representan la citocinesis en células vegetales, aquí no se forma el anillo contráctil como en las células animales, se forma una nueva pared celular a manera de división de la misma. Tomada de: <https://www.pinterest.es/pin/176625616619576710/>

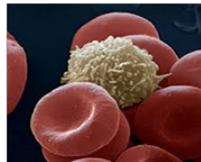
## Actividades de aprendizaje

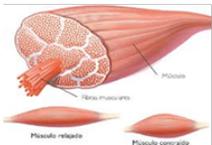
1. Escriba en los espacios en blanco el tipo de célula que corresponde: **GERMINAL O SOMÁTICA**.














2. Describe el aporte de Walther Flemming al conocimiento del ciclo celular: \_\_\_\_\_

---



---



---



---

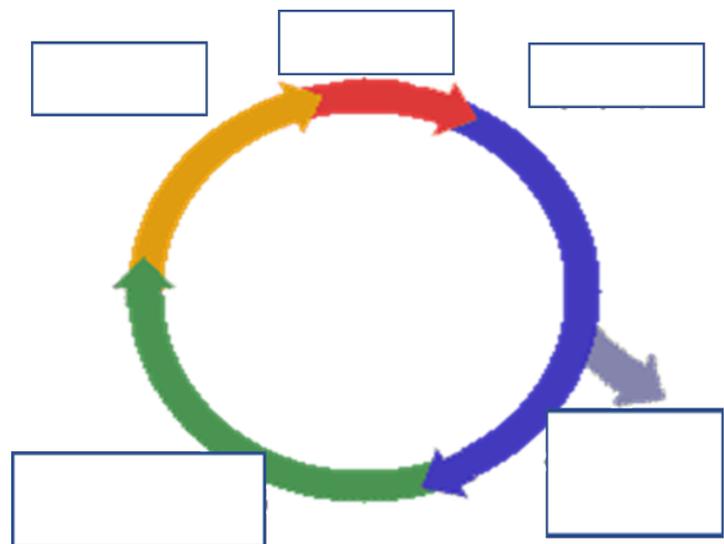


---

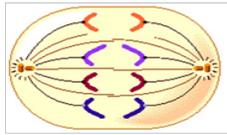


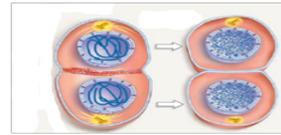
---

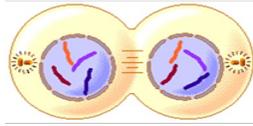
3. Anota en el espacio en blanco el nombre de las etapas del ciclo celular

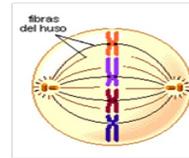


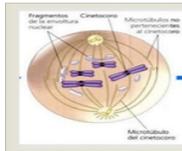
Anote en el espacio en blanco el nombre del proceso de la mitosis que ejemplifica

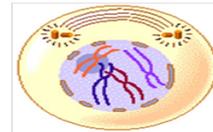













## Autoevaluación

**Instrucción.** Lee los enunciados y coloca una "X" en el paréntesis que contenga su respuesta.

1. Las células somáticas, en cuanto a su número de cromosomas son:

- ( ) A) multicromosómicas
- ( ) B) haploides
- ( ) C) monocromosómicas
- ( ) D) diploides.

2. Las células germinales, en cuanto a su número de cromosomas son:

- ( ) A) multicromosómicas
- ( ) B) haploides
- ( ) C) monocromosómicas
- ( ) D) diploides.

3. Corresponde al proceso de la fase G1:

- ( ) A) se produce la replicación del ADN
- ( ) B) está mediado por la quinasa dependiente de ciclina tipo 1 y por la ciclina B1.
- ( ) C) la célula puede abandonar el ciclo celular y pasar a estado quiescente (G0)
- ( ) D) se produce la segregación de los componentes intracelulares en dos células hijas.

4. Corresponde al proceso de la fase M:

- ( ) A) el principal punto de control se denomina punto de restricción.
- ( ) B) está mediado por la quinasa dependiente de ciclina tipo 1 y por la ciclina B1.
- ( ) C) la célula puede abandonar el ciclo celular y pasar a estado quiescente (G0)
- ( ) D) se produce la segregación de los componentes intracelulares en dos células hijas.

5. Corresponde al proceso de la fase S:

- A) el principal punto de control se denomina punto de restricción.
- B) está mediado por la quinasa dependiente de ciclina tipo 1 y por la ciclina B1.
- C) la célula puede abandonar el ciclo celular y pasar a estado quiescente (G0)
- D) se produce la replicación del ADN.

6. Corresponde al proceso de la fase G2:

- A) el principal punto de control se denomina punto de restricción.
- B) está mediado por la quinasa dependiente de ciclina tipo 1 y por la ciclina B1.
- C) la célula puede abandonar el ciclo celular y pasar a estado quiescente (G0)
- D) se produce la replicación del ADN.

7. Ocurre durante la profase:

- A) separación de las cromátidas que forman los cromosomas y migración hacia los centrosomas.
- B) ordenación de los cromosomas en la placa ecuatorial.
- C) condensación de la cromatina, desorganización de algunos orgánulos.
- D)descondensación de las cromátidas y organización de la envuelta nuclear.

8. Ocurre durante la telofase:

- A) separación de las cromátidas que forman los cromosomas y migración hacia los centrosomas.
- B) formación del surco de escisión.
- C) condensación de la cromatina, desorganización de algunos orgánulos.
- D)descondensación de las cromátidas y organización de la envuelta nuclear.

9. Ocurre durante la metafase:

- A) separación de las cromátidas que forman los cromosomas y migración hacia los centrosomas.
- B) formación del surco de escisión.
- C) condensación de la cromatina, desorganización de algunos orgánulos.
- D) ordenación de los cromosomas en la placa ecuatorial

10. Ocurre durante la anafase:

- A) separación de las cromátidas que forman los cromosomas y migración hacia los centrosomas.
- B) formación del surco de escisión.
- C) condensación de la cromatina, desorganización de algunos orgánulos.
- D) descondensación de las cromátidas y organización de la envuelta nuclear.

Respuestas:

1(D), 2(B), 3(C), 4(D), 5(D), 6(B), 7(A), 8(B), 9(D), 10(A)

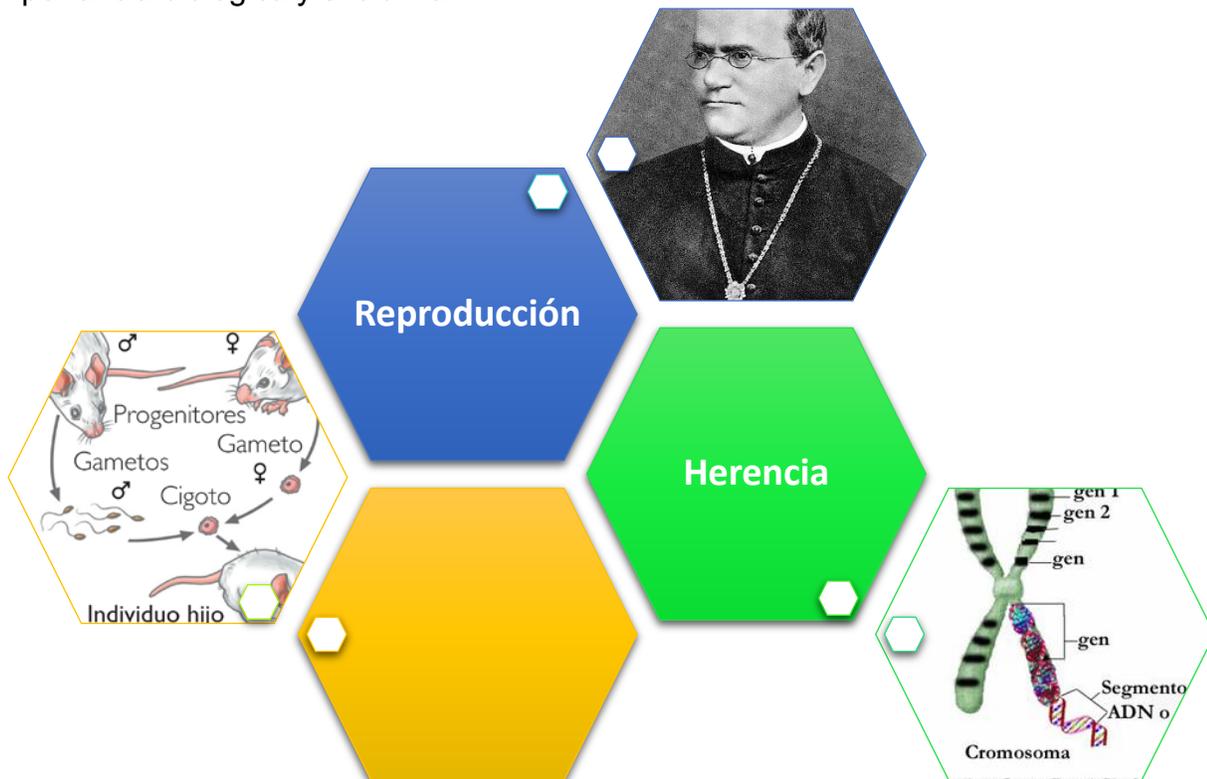
## Unidad 3

# ¿Cómo se transmiten los caracteres hereditarios y se modifica la información genética?

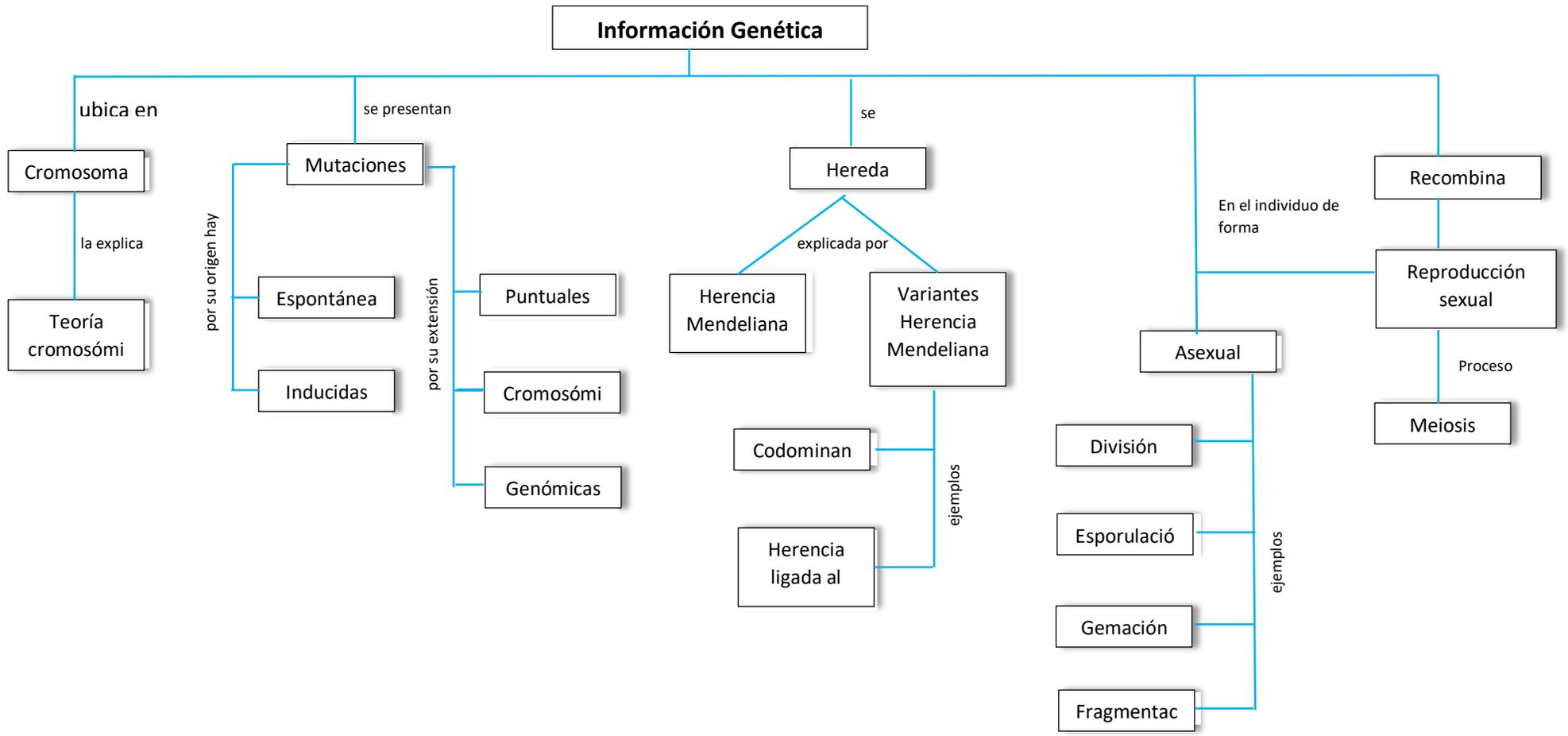
### Propósito:

Al finalizar, el alumno:

Identificará los mecanismos de transmisión y modificación de la información genética, como responsables de la continuidad y cambio en los sistemas biológicos, para que comprenda su importancia biológica y evolutiva.



**Organizador gráfico con los conceptos clave de la Unidad 3**  
**¿Cómo se transmiten los caracteres hereditarios y se modifica la información genética?**



**Aprendizaje.** Explica la meiosis como un proceso que antecede a la reproducción sexual y produce células genéticamente diferentes.

Temática: Reproducción

Subtema 1: Meiosis y gametogénesis.

## *La reproducción sexual*

*Castro Dorantes Juan*

La reproducción es el fenómeno mediante el cual los seres vivos producen células o grupos de células, a expensas de su propio organismo, que, al separarse de este, se convierten, directa o indirectamente, en nuevos individuos. Existen dos modalidades principales, la asexual y la sexual. En la reproducción sexual son dos progenitores los que participan en la producción de individuos hijos, cuyas características resultarán de la combinación del ADN de dichos progenitores y, por tanto, genéticamente serán distintos. El mecanismo que permite que se produzca este proceso es la meiosis.

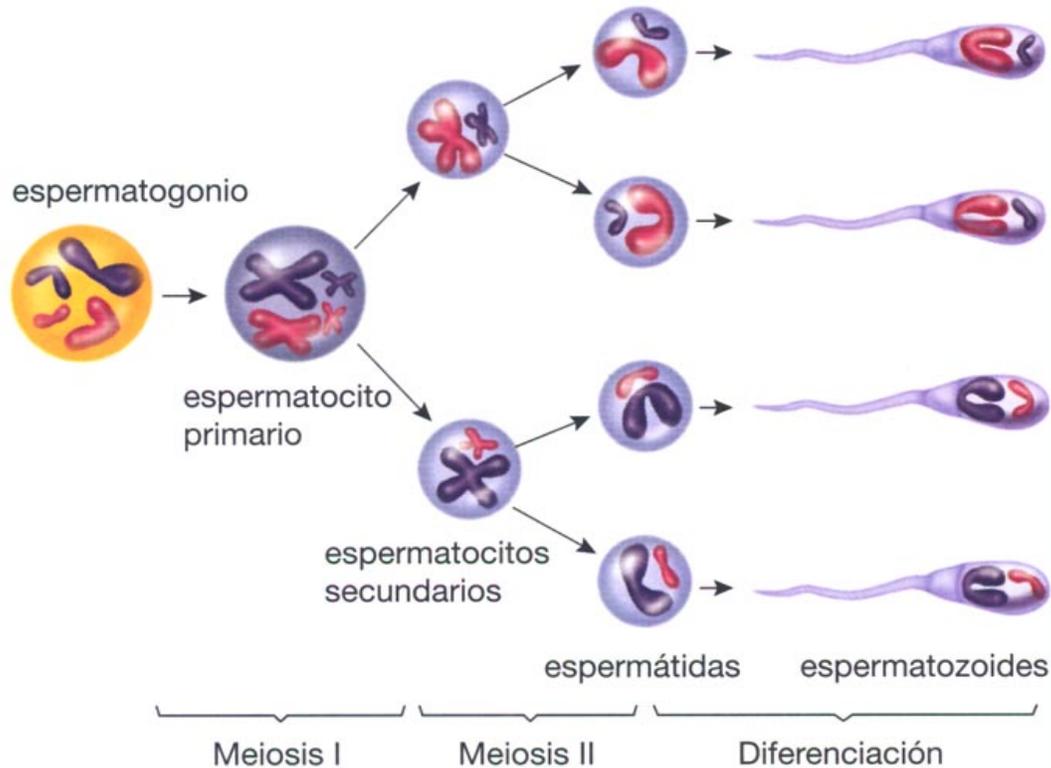
En cuanto a la reproducción sexual, por sexualidad se entiende la capacidad de los seres vivos de intercambiar material genético, produciendo variabilidad genética. Esta capacidad la presentan la mayoría de los seres pluricelulares y algunos unicelulares, principalmente protozoos y algas unicelulares. Este tipo de reproducción se lleva a cabo con la intervención de gametos (células especializadas haploides) que se forman en los órganos sexuales de organismos pluricelulares, los gametangios en las plantas y las gónadas en los animales, o es el mismo organismo más o menos modificado en seres unicelulares. Cuando se fusionan los gametos, anterozoides y oosferas en plantas, protocistas y hongos, y espermatozoides y óvulos en animales, dan lugar a un cigoto, de cuyo desarrollo nacerá un individuo.

Aquello que caracteriza el sexo en los organismos es el tipo de gameto producido, pudiendo ser sexo masculino o femenino. A los organismos con sexos separados se les llama unisexuales o dioicos, y cuando un mismo individuo tiene dos aparatos sexuales o un aparato mixto capaz de producir gametos masculinos y femeninos se le llama hermafrodita o monoico.

### **I. La gametogénesis**

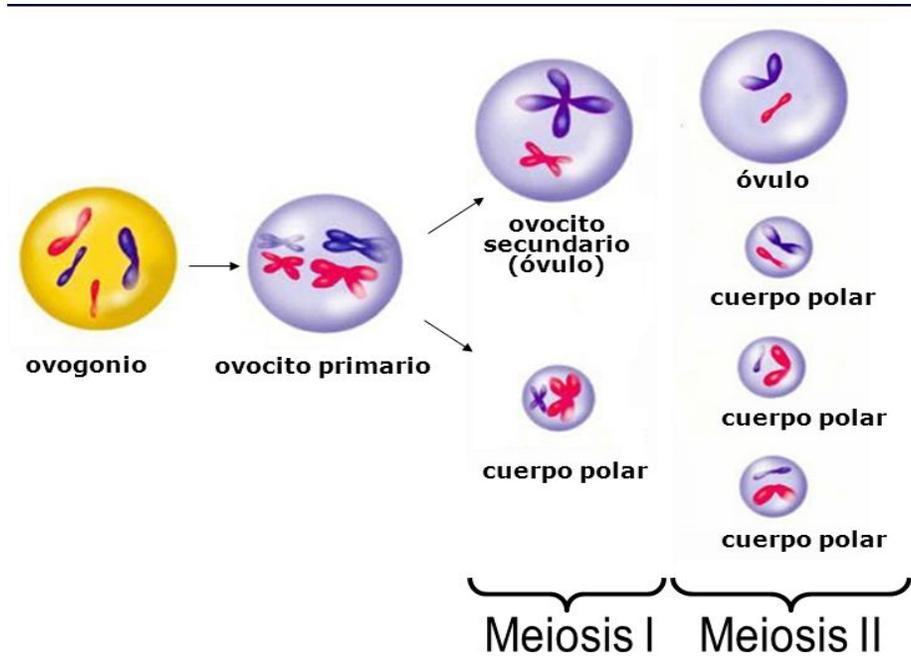
La gametogénesis es el conjunto de procesos que conducen a la formación de los gametos. Se distinguen dos modalidades, según se trate de la formación de los gametos masculinos o de los femeninos: la espermatogénesis y la ovogénesis.

La espermatogénesis se puede esquematizar en las siguientes cuatro fases: fase de proliferación, de crecimiento, de maduración y de diferenciación. La fase de proliferación consiste en que a partir de las células germinales se originan, mediante procesos mitóticos, varias espermatogonias; en la fase de crecimiento, las espermatogonias sufren un ligero crecimiento y se convierten en espermatoцитos de primer orden que son diploides. En la fase de maduración, cada espermatoцитo de primer orden se divide en dos espermatoцитos de 2º orden, que son haploides ya que se produce una meiosis y como resultado final se obtiene cuatro espermátidas por 2ª división meiótica de los espermatoцитos de 2º orden. En la fase de diferenciación cada una de las cuatro espermátidas se transforma en un espermatozoide mediante una fase de diferenciación llamada espermiogénesis (Figura 1).



**Figura 1.** Etapas de la espermatogénesis. (Tomado de: Auidersirk T. *et al.*, 2008).

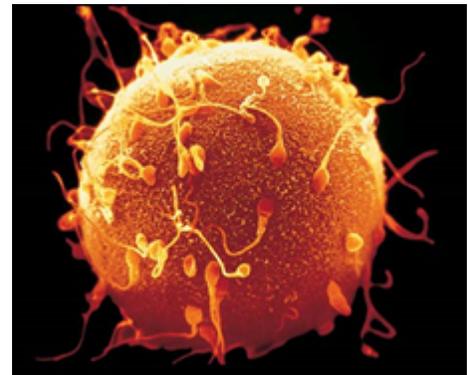
Respecto a la ovogénesis, comprende las siguientes fases de desarrollo: fase de proliferación, de crecimiento y de maduración. En la de proliferación las células germinales forman ovogonias mediante mitosis; la de crecimiento corresponde cuando la ovogonia de la última generación aumenta de tamaño y origina un ovocito de primer orden, que es diploide. Éste se rodea de ciertas células epiteliales (células foliculares) y forma el folículo ovárico. Finalmente, en la fase de maduración, el ovocito de primer orden sufre un proceso meiótico dando lugar a un óvulo y pudiendo formar 3 corpúsculos polares que degeneran (Figura 2).



**Figura 2.** Etapas de la ovogénesis. (Tomado de: Auidersirk T. *et al.*, 2008).

## II. ¿Qué es la meiosis?

La evidencia de que los gametos son células haploides se obtuvo a partir de una observación que también fue la primera en sugerir que los cromosomas son los portadores de la información genética. En 1883, se descubrió estudiando a los gusanos, que tanto el núcleo de un oocito no fecundado como el de un espermatozoide tienen dos cromosomas, mientras que el huevo fecundado (zigoto) tiene cuatro. Esto llevó a la teoría cromosómica de la herencia la cual permite explicar la antigua paradoja de que las contribuciones maternas y paterna a la naturaleza de la progenie son aparentemente iguales, a pesar de la enorme diferencia de tamaño entre el oocito y el espermatozoide (Figura 3).

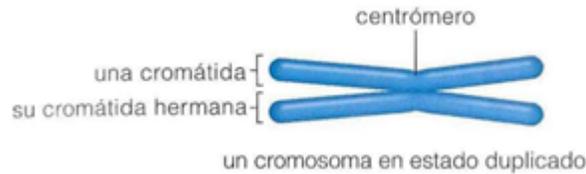


**Figura 3.** Fotografía por microscopía electrónica de barrido donde se muestran numerosos espermatozoides y un oocito. Tomado de la BBC news.

Este descubrimiento implica también que las células germinales se forman según un tipo especial de división celular en el cual los cromosomas se dividen exactamente por la mitad. Este tipo de división se llama meiosis – palabra de origen griego que significa disminución o reducción -se inicia en las células diploides de la línea germinal. Podría parecer como si la meiosis se tratase de una simple modificación de la mitosis en la que se omitiese la síntesis de DNA (fase S), de forma que una sola división celular produjera dos células haploides. La meiosis es mucho más compleja que esto e implica dos divisiones celulares, pero una sola

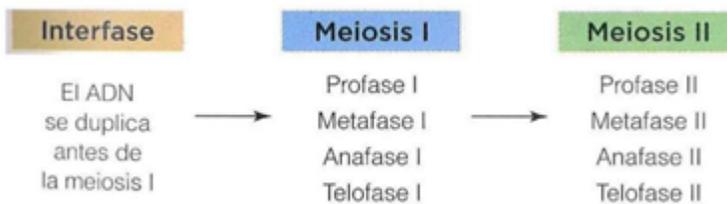
ronda de síntesis de DNA. No fue hasta el inicio de la década de 1930 que, gracias a minuciosos trabajos citológicos y genéticos, se pudieron establecer las características básicas de la meiosis. Los gametos son el resultado de dos divisiones meióticas

La meiosis se asemeja a la mitosis en ciertos aspectos. La célula duplica su DNA antes de que se inicie el proceso de división. Las dos moléculas de ADN y las proteínas a ellas asociadas permanecen unidas en el centrómero. Siempre y cuando permanezcan unidas, se denominan cromátidas hermanas (Figura 4).



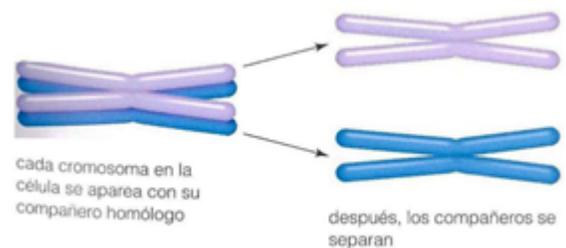
**Figura 4.** Un cromosoma que pasó por la etapa de síntesis de DNA presenta una cromátida y a la otra copia se le denomina cromátida hermana.

Igual que en la mitosis, los microtúbulos del huso mitótico desplazan los cromosomas hacia polos opuestos de la célula. Sin embargo, la meiosis clasifica los cromosomas en nuevos núcleos dos veces. Dos divisiones nucleares consecutivas forman cuatro núcleos haploides. Típicamente no hay interfase entre las dos divisiones, llamadas meiosis I y II (Figura 5):



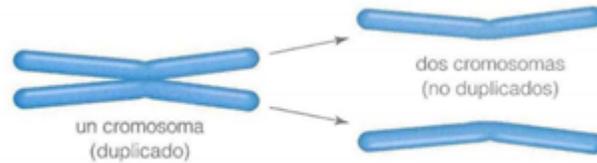
**Figura 5.** Etapas de la meiosis

En la meiosis I, cada cromosoma duplicado se alinea con su compañero, homólogo con homólogo. Después de clasificarse y ordenarse de este modo, cada cromosoma homólogo se aleja (Figura 6).



**Figura 6.** Empalme de los cromosomas homólogos.

Después de que los cromosomas homólogos se separan, cada uno termina en uno de los dos nuevos núcleos. Los cromosomas aún están duplicados: las cromátidas hermanas continúan unidas. Durante la meiosis II, las cromátidas hermanas de cada cromosoma se separan, de modo que cada una se segrega a una célula (Figura 7).



**Figura 7.** Separación de las cromátidas hermanas de un cromosoma.

La meiosis distribuye los cromosomas duplicados de un núcleo diploide ( $2n$ ) a cuatro nuevos núcleos. Cada nuevo núcleo es haploide ( $n$ ), con una versión no duplicada de cada cromosoma. De manera típica, dos divisiones del citoplasma acompañan la meiosis, así que se forman cuatro células haploides.

En la meiosis I ésta se divide en cuatro etapas, profase I, metafase I, anafase I y Telofase I. En la profase I al igual que en la mitosis, en esta se comienzan a apreciar los cromosomas, al espiralizarse el ADN. Los centriolos se duplican, el núcleo desaparece junto con la membrana celular. Los cromosomas homólogos se unen y se lleva un proceso conocido como entrecruzamiento, donde el material genético se mezcla. La profase I se divide en las siguientes etapas: leptoteno, zigoteno, paquiteno, diploteno y diacinesis.

**Leptoteno:** Los cromosomas individuales se condensan en largos filamentos y comienzan a hacerse visibles. Cada uno de ellos está formado por un armazón proteico unido a la envoltura nuclear. En ellos se observan las dos cromátidas estrechamente unidas, que no se distinguen hasta el final de la profase I.

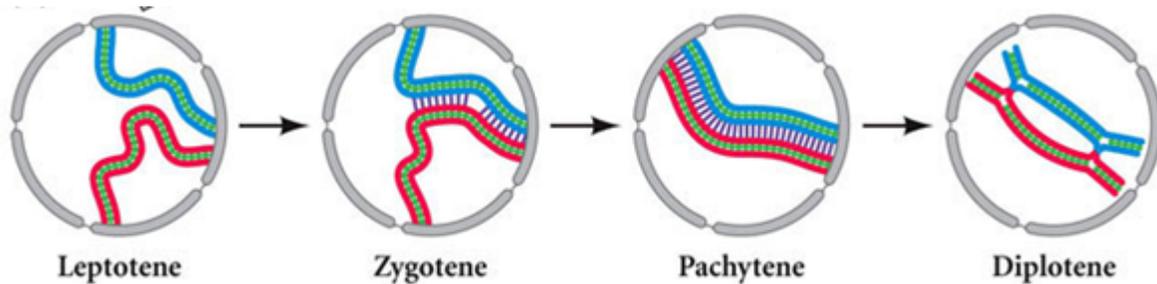
**Zigoteno:** En esta etapa, los dos cromosomas homólogos se aparean longitudinalmente gen a gen. A este proceso se le denomina sinapsis y se realiza mediante una estructura proteica denominada complejo sinaptonémico. A cada pareja de cromosomas homólogos apareados se le denomina bivalente o tétrada (contiene 4 cromátidas).

**Paquiteno:** En este período se produce el entrecruzamiento (*crossing-over*, en inglés) entre cromátidas homólogas, es decir cromátidas no hermanas pertenecientes a la misma pareja de cromosomas homólogos. Durante el entrecruzamiento, un fragmento de una cromátida puede separarse e intercambiarse por otro fragmento de su correspondiente homólogo y, como consecuencia, se produce un intercambio de genes o recombinación genética, con ello aumenta la variabilidad.

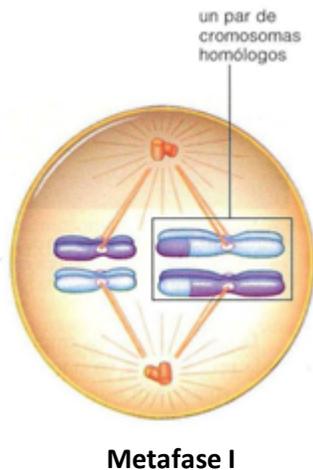
**Diploteno:** Los cromosomas homólogos comienzan a separarse, aunque permanecen unidos por unos puntos, llamados quiasmas, que se corresponden con los lugares donde se produjo la recombinación. En este momento, la meiosis puede sufrir una pausa, como ocurre en el caso de la formación de los óvulos humanos, que continuará al alcanzar la madurez sexual. A este estado de latencia se le denomina diploteno.

**Diacinesis:** En esta etapa se observan por primera vez las dos cromátidas que forman cada cromosoma, que están unidas por el centrómero. Los pares de cromosomas homólogos

permanecen unidos por los quiasmas. Al final de la diacinesis cesa la síntesis de ARN y desaparece el nucléolo (Figura 8).



**Figura 8.** Etapas de la profase I. En rojo y azul se simbolizan los cromosomas homólogos, cabe indicar que cada cromosoma está en doble copia.

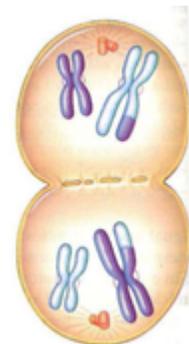


**Metafase I:** Al finalizar la profase I, los microtúbulos del huso conectaron los cromosomas con los polos del mismo. Cada cromosoma se encuentra ahora unido a un polo del huso y su homólogo al polo opuesto.

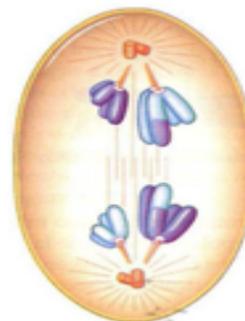
**Anafase I:** A medida que se acortan los microtúbulos del huso acromático, jalan cada cromosoma duplicado hacia uno de los polos del huso, de modo que los cromosomas homólogos se separan.

**Telofase I:** Los cromosomas homólogos llegan a los polos. Se forman nuevas envolturas nucleares en torno a los dos grupos de cromosomas a medida que se descondensan. Ahora hay nuevos núcleos haploides ( $n$ ). El citoplasma puede dividirse en este punto.

Hay un breve lapso entre la meiosis I y II. Durante este periodo no hay duplicidad del material hereditario, con lo cual se inician las etapas de la meiosis II.

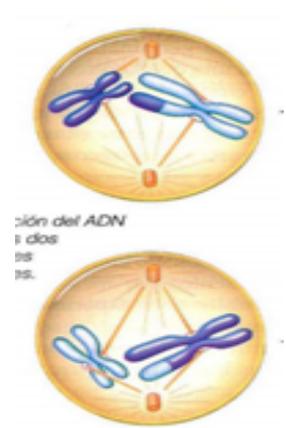


**Telofase I**



**Anafase I**

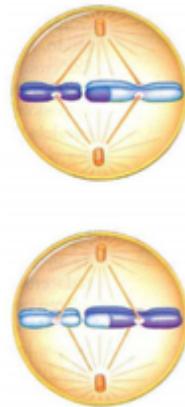
**Profase II:** Cada núcleo contiene un conjunto completo de cromosomas. Cada cromosoma aún está duplicado: consta de dos cromátidas hermanas unidas en el centrómero. Los cromosomas se condensan a medida que se forma el huso mitótico bipolar. Un centriolo se desplaza al lado opuesto de cada nuevo núcleo y se desintegra la membrana nuclear.



ción del ADN  
i dos  
no  
no.

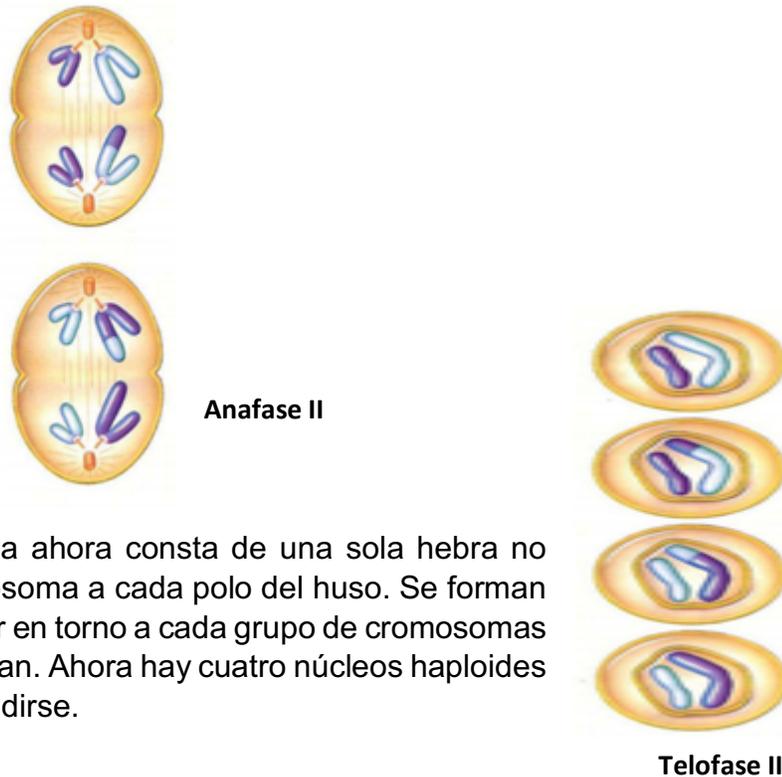
**Profase II**

**Metafase II:** Al finalizar la profase II, los microtúbulos del huso mitótico conectaron las cromátidas hermanas con los polos del huso. Cada cromátida está ahora unida a un polo del huso y su hermana al otro. Los microtúbulos crecen y se encogen jalando los cromosomas. Cuando todos los microtúbulos son de la misma longitud, los cromosomas se alinean en la parte intermedia entre los polos del huso y esta alineación señala el inicio de la metafase II.



**Metafase II**

**Anafase II:** A medida que se acortan los microtúbulos del huso, jalen cada cromátida hermana hacia uno de los polos, de modo que las cromátidas hermanas se separan. La cromátida hermana que llega al polo es algo aleatorio.



Telofase II: Cada cromosoma ahora consta de una sola hebra no duplicada de ADN. Un cromosoma a cada polo del huso. Se forman una nueva membrana nuclear en torno a cada grupo de cromosomas a medida que se descondensan. Ahora hay cuatro núcleos haploides (n) y el citoplasma puede dividirse.

### Bibliografía

Alberts Bruce. Biología Molecular de la célula. Editorial Omega.

Ivarez Martinez, Oscar. (25 octubre de 2017). *La reproducción. Genética del sexo. Gametogénesis y ciclos biológicos. Fecundación y desarrollo embrionario en Metazoos.* España. PublicacionesDidacticas Recuperado de <http://publicacionesdidacticas.com/hemeroteca/articulo/072052/articulo-pdf>.

Portal Académico. (15 noviembre de 2017). *Meiosis.* CdMx. UNAM Recuperado de <https://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia1/unidad2/meiosis>

Tema; meiosis y gametogénesis, Recuperado de: [http://www.genomasur.com/BCH/BCH\\_libro/capitulo\\_16.htm](http://www.genomasur.com/BCH/BCH_libro/capitulo_16.htm) (septiembre 2017)

## *Actividades de aprendizaje*

**Instrucción.** 1. Resuelve el siguiente cuestionario.

- A. Menciona las dos etapas en que se divide la meiosis
- B. Menciona cuantas células hijas se generan al finalizar la meiosis y ¿qué características presentan?
- C. Explica la diferencia entre una cromátida hermana y de un cromosoma homólogo.
- D. Los cromosomas homólogos se separan en la meiosis \_\_\_\_ mientras que las cromátidas hermanas se separan en la meiosis \_\_\_\_\_.
- E. Por qué es importante que se reduzca la mitad de la información genética.

2. Revisa el portal académico de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades sobre el tema de Meiosis, y elabora el ejercicio 1. Este es el vínculo electrónico:

<https://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia1/unidad2/meiosis>

3. Coloca la palabra correcta en los espacios a partir de las siguientes palabras:

Gametos, dos, sinapsis, entrecruzamiento, recombinación, variabilidad, cromosómico, óvulo, espermatozoide, telofase I, sexual, meiosis, profase II, ecuacional, fecundación, haploides, diploide, cuatro, metafase I, reduccional.

Para llevar a cabo la reproducción \_\_\_\_\_ hay dos procesos indispensables que son: la \_\_\_\_\_ y la \_\_\_\_\_, ya que en la primera se formarán las células sexuales o \_\_\_\_\_ que se caracterizan por ser \_\_\_\_\_.

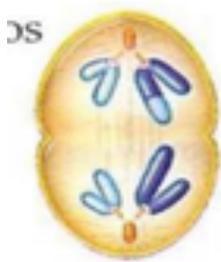
Durante la meiosis se van a llevar a cabo \_\_\_\_\_ divisiones celulares consecutivas, en la primera ocurren varios eventos muy importantes como son el apareamiento, la \_\_\_\_\_, y el \_\_\_\_\_ entre cromosomas homólogos, lo que permitirá la \_\_\_\_\_ genética que como consecuencia proporcionará la \_\_\_\_\_ entre los organismos de la misma especie. Se mantiene constante el número \_\_\_\_\_ de las especies debido a que en el momento de la fecundación, al unirse el \_\_\_\_\_ y el \_\_\_\_\_, se restituye el número \_\_\_\_\_ de cromosomas, característico de la especie.

Cada división de la meiosis consta de \_\_\_\_\_ etapas sucesivas. En la primera están la profase I, \_\_\_\_\_, anafase I y \_\_\_\_\_; su importancia radica en ser \_\_\_\_\_, es decir que las dos células resultantes poseen la mitad de los cromosomas típicos. La segunda etapa consta de \_\_\_\_\_, metafase II. Anafase II y telofase II y es \_\_\_\_\_ ya que mantiene el número cromosómico haploide (Portal Académico)

## *Autoevaluación*

**Instrucción.** Lee los enunciados y coloca en el paréntesis la respuesta del mismo.

- 1.- La meiosis \_\_\_\_\_ el número de cromosomas original.....(    )
  - A) duplica
  - B) se mantiene
  - C) reduce la mitad
  - D) mezcla
  
- 2.- La meiosis termina con la formación de \_\_\_\_\_, que participarán en la reproducción sexual.....(    )
  - A) dos células
  - B) cuatro células
  - C) dos núcleos
  - D) cuatro núcleos
  
- 3.- Las cromátidas hermanas de cada cromosoma duplicados se separan durante \_\_\_\_\_, que dará continuidad al proceso de división:.....(    )
  - A) profase I
  - B) anafase II
  - C) profase II
  - D) anafase I
  
- 4.- Acorde al número total de cromosomas en las células meióticas son: .....(    )
  - A) haploides
  - B) diploides
  - C) bivalentes
  - D) heterócigas.
  
- 5.- ¿En qué etapa de la profase I se lleva a cabo el entrecruzamiento? .....(    )
  - A) Diacinesis
  - B) Leptóteno
  - C) Cigóteno
  - D) Paquíteno
  
- 6.- La célula que se muestra a continuación se encuentra en anafase II. Sabes esto por:




---



---



---



---

Respuestas:

1), 2), 3), 4), (5)

**Aprendizaje.** Compara diferentes tipos de reproducción asexual y sexual, tanto en procariotas como en eucariotas.  
**Tema:** Reproducción  
**Subtema 2:** Nivel individuo.

## *Típos de reproducción*

*Pérez Ordoñez Sanjuana Ariadna*

La reproducción es una de las funciones esenciales de los seres vivos, que asegura la supervivencia de las especies a lo largo del tiempo, dando lugar a nuevos individuos semejantes a ellos mismos.

Mediante la reproducción un organismo origina una célula, o un grupo de células, que tras un proceso de desarrollo, se origina a un nuevo organismo de la misma especie.

Existen dos modalidades de reproducción: asexual y sexual

### **I. La reproducción asexual**

Es un proceso sencillo, donde un solo progenitor da origen a sus descendientes, estos son idénticos al progenitor, debido a que tienen la misma información genética, lo cual puede tener un efecto negativo a la supervivencia de la especie si ocurre un cambio medioambiental al cual no pueden responder. También al ser un proceso sencillo y rápido se generan numerosos descendientes, lo que asegura la supervivencia de la especie.

Se da en bacterias, hongos, plantas y animales invertebrados. Los tipos que hay son:

#### **I.1 División binaria**

Es la división de la célula madre en dos células hijas, cada nueva célula es un nuevo individuo con estructuras y funciones idénticas a la célula madre. Este tipo de reproducción la presentan organismos como bacterias, amebas y algas. También se le conoce como bipartición o escisión (Figura 1).



**Figura 1.** Podemos ver como de un organismo se forman dos idénticas

Tomado de <https://www.tes.com/lessons/B8D5dzGu6JIYPw/biologia-1-eso-t2-monerar-protocistas-y-hongos>

## 1.2 Esporulación

En la célula de origen se producen varias divisiones consecutivas del núcleo, originando numerosos núcleos que se rodean de una cubierta dentro de esta célula, al finalizar, se rompe y se liberan las células hijas, llamadas esporas, de las cuales va a salir un nuevo organismo. Se encuentra debajo de los frondes en los helechos (fecundación) esputación o esporogénesis.

Este proceso ocurre en hongos, amebas, líquenes (que son una simbiosis entre dos organismos), algunos tipos de bacterias, protozoos, esporozoos (como el *Plasmodium* causante de malaria), y en vegetales (especialmente algas, musgos y helechos), grupos de muy diferentes orígenes evolutivos, pero con semejantes estrategias reproductivas, todos ellos pueden recurrir a la formación células de resistencia para favorecer la dispersión (Figura 2).

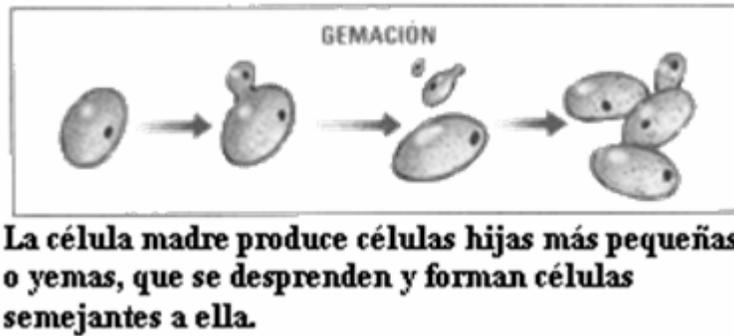


**Figura 2.** Vemos como una célula se divide y al final se liberan las células que se formaron

Tomado de <https://www.tes.com/lessons/B8D5dzGu6JIYPw/biologia-1-eso-t2-monerar-protocistas-y-hongos>

## 1.3 Gemación

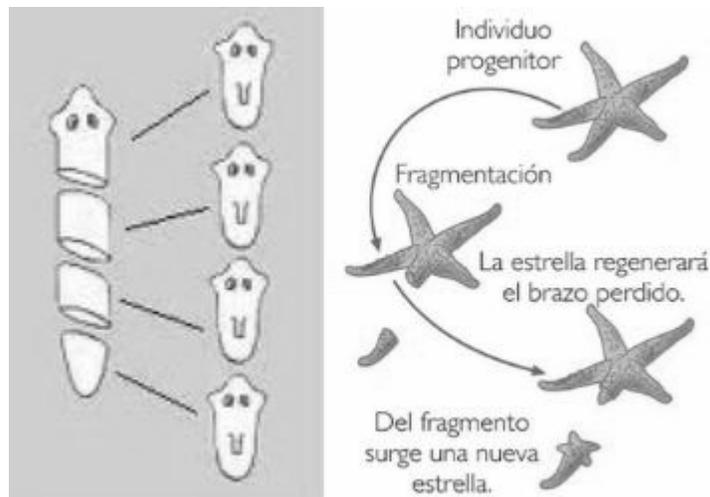
En una zona o varias del organismo progenitor se produce una evaginación o yema que se va desarrollando y en un momento dado sufre una constricción en la base y se separa del progenitor comenzando su vida como nuevo ser. Las yemas hijas pueden presentar otras yemas a las que se les denomina yemas secundarias. En algunos organismos se pueden formar colonias cuando las yemas no se separan del organismo progenitor. El proceso de gemación es frecuente en esponjas, celentereos, briozoos (Figura 3).



**Figura 3.** Tenemos una célula la cual le sale otra célula pero de un tamaño menor que final se libera  
 Tomado de <https://www.tes.com/lessons/B8D5dzGu6JIYPw/biologia-1-eso-t2-moneras-protocistas-y-hongos>

#### I. 4. Fragmentación

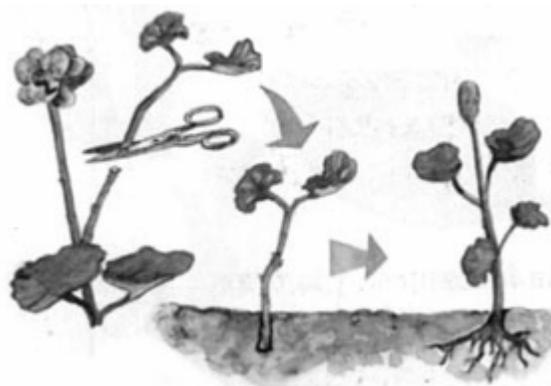
En organismos animales, como su nombre lo señala, se da a partir de fragmentación del cuerpo del organismo, al “perder” un pedazo, este con el tiempo se convierte en otro organismo idéntico (Figura 4).



**Figura 4.** Se presentan dos ejemplos, de lado izquierdo a un gusano que es fragmentado de su cuerpo y cada uno va a dar origen a otro organismo igual. En el segundo del lado derecho vemos a una estrella de mar que pierde uno de sus brazos el cual va a dar a un organismo completo. Tomado de <http://biologiasextopao.blogspot.mx/2011/11/regeneracion-y-fragmentacion.html>

#### I.5 Multiplicación vegetativa

Se da en plantas y es cuando a partir de un fragmento de la planta, ya sea esqueje o bulbo (raíces tuberosas) se genera un nuevo individuo, depende de la especie los requerimientos específicos (Figura 5).



**Figura 5.** Vemos como de la planta madre o progenitora se corta un pedazo, se entierra y forma una “nueva” planta. Tomado de <http://ajimenezagropecuaria.blogspot.mx/2017/02/multiplicacion-vegetativa.html>

## II. La reproducción sexual

Es un mecanismo complejo donde dos progenitores dan origen a los descendientes, los cuales presentan diferencias genéticas con los progenitores debido a la mezcla de la información durante la meiosis, esto da características variables, con distinta capacidad de adaptación al entorno, lo que aumenta las posibilidades de supervivencia de la especie en caso de cambios medioambientales, toda esta variabilidad que aporta es clave para el proceso evolutivo de las especies, la cual se da en el entrecruzamiento de la información genética durante la meiosis, después en la segregación de los cromosomas al azar y al final en la fecundación. Se da en todos los grupos de organismos, excepto en bacterias<sup>11</sup>.

Es un proceso que requiere la formación de células especializadas como son los gametos, su unión en la fecundación, un desarrollo embrionario complejo y en algunas especies de cuidados parentales.

Brevemente, la fecundación es la unión de los gametos, las cuales son células especializadas, vamos a tener un gameto masculino y otro femenino. Muchos invertebrados y la mayoría de los peces y anfibios poseen fecundación externa. Gran parte de los reptiles, las aves y los mamíferos, en cambio, presentan fecundación interna.

La mayoría de las aves y reptiles son ovíparos y el desarrollo embrionario es externo. Ciertos mamíferos, como los ornitorrincos y los equidnas, tienen fecundación interna, pero el desarrollo del embrión es externo. Algunos peces, anfibios y reptiles son ovovivíparos: la fecundación y el desarrollo del embrión son internos, pero el cuerpo de la hembra solo brinda protección. Los marsupiales y los placentarios son vivíparos: la fecundación y el desarrollo son internos y el cuerpo de la hembra proporciona nutrición y protección durante la gestación.

Algo para tener en cuenta es que para evitar un embarazo existen varios métodos anticonceptivos, los más usados son los de barrera como es el condón, además de que evita infecciones de transmisión sexual (Curtis *et al.*, 2011).

<sup>11</sup> Recuperado de [http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/2esobiologia/2quincena10/pdf/pdf\\_q10.pdf](http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/2esobiologia/2quincena10/pdf/pdf_q10.pdf)

## Bibliografía

Curtis H., Barnes N. S., Schnek A. y Massarini A., (2011), Biología, España, Editorial medica Panamericana.

Cea universidad. Sesión 2 reproducción celular. Recuperado de <http://ceavirtual.ceuniversidad.com/material/2/biologia2/232.pdf>.

CIDEAD. Biología y geología. Recuperado de [http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/2esobiologia/2quincena10/pdf/pdf\\_q10.pdf](http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/2esobiologia/2quincena10/pdf/pdf_q10.pdf).

Saitz, Velásquez, Corona, de Anda. Reproducción. Recuperado de <https://portalacademico.cch.unam.mx/materiales/prof/matdidac/sitpro/exp/bio/bio1/GuiaBiol/A NEXO 2reprod.pdf>.

## *Actividades de aprendizaje*

---

**Instrucción.** 1. Describe los siguientes procesos de acuerdo con el texto

Reproducción

Sexual

Asexual

Fecundación

Célula

Ciclo celular

Bipartición

Gemación

Esporulación

Fisión binaria

Mitosis

Meiosis

Reproducción vegetativa

Haploide

Diploide

Procarionte

Eucarionte

Bacteria

2. Realiza un cuadro comparativo entre reproducción sexual y asexual

**Cuadro comparativo**

### *Autoevaluación*

**Instrucción.** Relaciona las columnas, colocando en el recuadro de la derecha (respuesta) el tipo de reproducción al que se hace referencia el ejemplo.

<b>Ejemplo de reproducción</b>	<b>Respuesta</b>
1. Es un proceso sencillo	
2. Intervienen células especializadas	
3. Los descendientes son idénticos	
4. Es un proceso complejo	
5. Requiere fecundación	
6. Los descendientes son diferentes	
7. Reproducción rápida	
8. Realizada por un sólo progenitor	
9. Origina numerosos descendientes	
10. Da características variables	

<b>Tipo de reproducción</b>
1. Asexual
2. Sexual
3. Asexual
4. Sexual
5. Sexual
6. Sexual
7. Asexual
8. Asexual
9. Asexual
10. Sexual

Aprendizaje. Aprendizaje: Reconoce las leyes de Mendel como la base de la explicación de la herencia en los sistemas biológicos.

Temática 2: Herencia.

Subtema 1: Herencia mendeliana.

## *Mis genes, tus genes, nuestros hijos* *Herencia mendeliana*

*De la Cruz Laina Karina*

Aunque la herencia de los caracteres biológicos se ha reconocido hace miles de años, la primera idea importante sobre el mecanismo implicado se dio hace casi 140 años. En 1886, Gregor Johann Mendel, publicó los resultados de una serie de experimentos que sentaron las bases de la genética como disciplina formal. Aunque el trabajo de Mendel pasó largo tiempo inadvertido hasta 1900, después del descubrimiento del mismo, se estableció el concepto de gen como unidad hereditaria. Se clarificó el modo en el que los genes, como miembros de los cromosomas, se transmiten a los descendientes y controlan los caracteres.

Cuando Mendel comenzó sus estudios sobre la herencia utilizando *Pisum sativum*, el chícharo o guisante de jardín, no se sabía de la existencia de los cromosomas ni del papel y mecanismo de la meiosis. No obstante, Mendel pudo determinar la existencia de **unidades de herencia** y predecir su comportamiento durante la formación de los gametos, con ello Mendel demostró que la herencia no era, como se pensaba, una mezcla de sangre o de algún otro tipo de sustancia con la que contribuían ambos progenitores. Por el contrario, encontró que para cualquier característica que él estudiaba, existían para cada individuo dos partículas o elementos, uno de ellos heredado de la madre y el otro del padre. Cada uno conservaba su individualidad, de tal modo que, al momento de producirse los gametos, éstos obtenían uno solo de los elementos.

### **I. Leyes o principios de Mendel**

Las primeras cruces efectuadas por Mendel fueron monohíbridas, es decir, las hizo mediante el intercambio de polen de plantas pertenecientes a líneas puras, que sólo variaban en una característica contrastante: semillas lisas-semillas rugosas; tallos largos-tallos cortos; semillas amarillas-semillas verdes, etc. Se denomina **línea pura** a aquella que conserva la misma característica a través de varias generaciones formadas por autofecundación.

La generación original o generación parental (P) se cruzaba para dar origen a la primera generación filial (F1); ésta se dejaba autofecundar, para que se produjera la segunda generación filial (F2).

La cruce de una generación parental constituida por un individuo poseedor de tallos largos y uno de tallos cortos, daba como resultado una filial 1 formada por plantas que sólo tenían tallos largos. Cuando Mendel dejó que estas plantas se autofecundaran se obtuvo la filial 2, que presentó plantas con tallos largos y plantas con tallos cortos en una proporción aproximadamente de 3:1.

Mendel hizo igualmente experimentos de cruce con las plantas que tenían las otras seis características contrastantes, y en todos los casos obtuvo los mismos resultados: la F1 siempre mostraba sólo una de las dos características, mientras que la F2 mostraba las dos en una proporción 3:1.

Los experimentos de cruce que hacía para obtener la filial 1 se hacían polinizando la planta de tallo largo con polen de planta de tallo corto o viceversa, procedimiento que se denomina **cruza recíproca**, y los resultados que obtenía eran siempre los mismos, demostrando con éstos que no eran dependientes del sexo.

De las cruces monohíbridas, Mendel derivó dos postulados y una ley:

- Cada carácter está controlado por un par de elementos que existen en el individuo.
- Dominancia/Recesividad: si sólo una de las características aparece en la filial 1, entonces esta debe ser dominante sobre la otra que se denomina recesiva.

**Ley de la segregación.** Durante la formación de los gametos, cada elemento se separa o segrega al azar, de tal manera que cada uno de ellos tiene la misma probabilidad de recibir uno u otro.

Lo anterior explica perfectamente lo observado en las cruces monohíbridas de Mendel. La planta con tallo largo posee dos elementos iguales AA, mientras que la de tallo corto tiene aa. Los gametos de ambas plantas recibirán solo un elemento A o a. Al unirse, la filial 1 tendrá Aa. La mitad de los gametos de la F1 llevarán el factor A y la otra mitad portarán a. Al mezclarse los gametos femeninos A y a con los gametos masculinos A y a, se obtienen las siguientes combinaciones: AA, Aa y aa. Si aceptamos que el carácter de tallo largo es dominante sobre el tallo corto, entonces la filial 1 será toda de tallo largo, mientras que la filial 2 será de tallo largo y tallo corto, y mostrará una proporción de 3:1.

Mendel también hizo experimentos en los cuáles demostró el comportamiento de dos características. Estos cruzamientos dihíbridos fueron la base para la formulación de su segunda ley: la segregación o separación independiente de los elementos. Si se cruza una planta con semillas lisas de color amarillo, con una que produzca semillas rugosas de color verde (ambas pertenecientes a una línea pura), se obtendrá una F1 formada únicamente por plantas que formen semillas lisas y amarillas, demostrando con ello que las características lisa y amarilla son dominantes. Si a la F1 se le permite autofecundarse, la F2 mostrará aproximadamente las siguientes proporciones: 9/16 de las plantas F2 expresarán los caracteres liso y amarillo, 3/16 rugoso y amarillo, 3/16 liso y verde y 1/16 rugoso y verde.

Para entender estos resultados es necesario pensar en la cruce dihíbrida como si ocurrieran dos cruces monohíbridas independientes. En cada cruce monohíbrida los resultados de la F2 son: 3/4 de plantas con el carácter dominante liso y 1/4 de plantas con el carácter recesivo rugoso; de igual manera, se obtienen 3/4 de semillas amarillas y 1/4 de semillas verdes; si multiplicamos ambos resultados tendremos:

3/4 liso + 1/4 rugoso

3/4 amarillo + 1/4 verde

---

$9/16$  liso y amarillo +  $3/16$  amarillo y rugoso +  $3/16$  liso y verde +  $1/16$  rugoso y verde

De acuerdo con estas observaciones, Mendel emitió su segunda ley que dice: Durante la formación de los gametos, cada par de elementos se segrega independientemente del otro. Si consideramos que la generación parental es AABB para las plantas con semillas lisas y amarillas y aabb para los progenitores con semillas rugosas y verdes, los gametos correspondientes a ambos padres serán AB y ab, respectivamente. Cuando los gametos se unen, se obtiene la F1 cuya fórmula es AaBb. Cada progenitor de la F1, de acuerdo con la segunda ley, tendrá los gametos siguientes: AB, Ab, aB y ab.

¿Por qué tenemos estos resultados? Si consideramos cada par en forma independiente, podemos formular la siguiente pregunta: ¿qué probabilidad hay de que el gameto tenga A? La respuesta será 50%. ¿Qué probabilidad existe de que el gameto lleve B? La respuesta será la misma: 50%. Se procede de la misma manera con el par Bb. Si multiplicamos los resultados obtenidos estaremos en condiciones para predecir el tipo de gametos que tendrá cada progenitor de la F1:

$1/2 A + 1/2 a$

$1/2 B + 1/2 b$

---

$1/4 AB + 1/4 aB + 1/4 Ab + 1/4 ab$

Si la F1 se autofecunda, cada uno de los gametos de los progenitores tienen la misma probabilidad de unirse con otro; los resultados pueden demostrarse de manera gráfica con un cuadro de Punnett, llamado así en honor de Reginald Punnett, quien utilizó este método para demostrar los resultados de la cruce monohíbrida.

### **Bibliografía.**

Curtis, Helena *et. al.*, (2013), *Biología*, Buenos Aires, Editorial Medica Panamericana.

Jiménez, Luis Felipe *et. al.*, (2006), *Conocimientos Fundamentales de Biología*, vol. I. México, Pearson.

Klug, W. S., *et al.*, (2008), *Conceptos de Genética*, España. Pearson Prentice Hall.

## Actividades de aprendizaje

**Instrucción.** Para facilitar la resolución de las actividades se anexa el siguiente glosario.

**GENOTIPO.** La constitución genética de una sola célula o de un organismo con referencia a una sola característica o a un conjunto de características; la suma total de todos los genes presentes en un individuo.

**ALELO.** [Del griego *allelon*, el uno del otro]: dos o más formas diferentes de un gen. Los alelos ocupan la misma posición (locus) en los cromosomas homólogos y se separan uno de otro en la meiosis.

**ALELO DOMINANTE.** Alelo que se expresa aún frente a la presencia de su otro alelo (recesivo), generalmente dando el mismo fenotipo tanto cuando se encuentra en condición heterocigota como homocigota. Suele indicarse con letras mayúsculas.

**ALELO RECESIVO.** [Del latín *recedere*, retroceder]: alelo cuyo efecto fenotípico está enmascarado en el heterocigoto por el de otro alelo dominante. Suele indicarse con letras minúsculas.

**HOMOCIGOTO.** [Del griego *homos*, mismo o similar + *zygotos*, par]: organismo diploide que lleva alelos idénticos en uno o más loci génicos.

**HETEROCIGOTO.** [Del griego *heteros*, otro + *zygotos*, par]: organismo diploide que lleva dos alelos diferentes en uno o más loci génicos.

**MUTACIÓN.** [Del latín *mutare*, cambiar]: cambio en la información genética; cambio heredable en la secuencia del DNA.

1. Resuelve los siguientes planteamientos correspondientes a la herencia mendeliana

A. En la especie humana el albinismo se hereda como un carácter recesivo simple. Para las siguientes familias determina los genotipos de los padres y de los descendientes. (Cuando existan dos genotipos alternativos posibles, indique ambos). Se sugiere utilizar la letra A para el carácter dominante y la a para el carácter recesivo.

- a) Dos padres normales (con pigmentación) tienen cinco hijos, cuatro normales (con pigmentación) y uno albino.
- b) Un varón normal (con pigmentación) y una mujer albina tienen seis hijos, todos normales (con pigmentación).
- c) Un varón normal (con pigmentación) y una mujer albina tienen seis hijos, tres normales (con pigmentación) y tres albinos.

B. El pelaje negro de los Cocker Spaniels está gobernado por un alelo "B" dominante y el color rojo por su alelo recesivo "b". El patrón uniforme del color está gobernado por

el alelo dominante "S" y el patrón moteado por su alelo recesivo "s". Un macho de pelo color negro y uniforme se aparea con una hembra con piel moteada y de color rojo y producen una camada de seis cachorros: 2 negros uniforme, 2 rojo uniforme, 1 negro moteado y 1 rojo moteado. Determinar los genotipos de los progenitores.

- C. El carácter normal de la pata hendida en el puerco es producido por el genotipo homocigótico recesivo (mm), la condición de la pata de mula es generada por el genotipo dominante (M), el pelaje blanco (N) es gobernado por el alelo dominante en otro locus y el pelaje negro por su alelo recesivo (n), realiza una cruce entre:  
Una hembra blanca con pata de mula y un cerdo negro con pata hendida, obtenga F1 y utilizando el cuadro de Punnett señale: progenitores, gametos y como son los individuos obtenidos.
- D. Las porfirias son un grupo de enfermedades con síntomas horribles. Quienes la padecen huyen de la luz intensa y acostumbran salir sólo de noche, porque el sol les enrojece la piel y les forma ampollas que luego se transforman en feas cicatrices. También se les enrojecen los ojos y les crecen cantidades anormales de pelo. Estas enfermedades se deben a mutaciones en las enzimas que participan en la síntesis del grupo hemo (porción de la hemoglobina que transporta el O<sub>2</sub>). Los genes de estas enzimas son dominantes y se heredan de acuerdo con las leyes de Mendel.

El conde Vlad Tepes, que padecía porfiria y, por consiguiente, detestaba la luz diurna, tuvo un hijo con su sobrina Mina, cuyo padre (primo de Vlad) sufría la misma enfermedad. Mina tenía la piel muy blanca y por esa razón prefería seguir la costumbre familiar de no exponerse al sol, pero era una mujer muy joven y sana. La primera hija de Vlad y Mina, a la que llamaron Buffy, nació sana. Luego tuvieron dos hijos más: Lucy y Spike. Utiliza la letra P para representar el carácter dominante y la p para el carácter

- a) Indica los genotipos de Vlad, Mina, el padre de Mina y Buffy.  
b) Indica cuáles eran las probabilidades de que Lucy y Spike nacieran con porfiria.  
c) ¿Qué leyendas se gestaron alrededor de esta enfermedad en la Europa de finales de la Edad Media? ¿Qué famosa novela se inspiró en estas leyendas?

#### Respuestas

1. a) El genotipo de los padres es Aa (heterocigoto).

El genotipo de los 4 hijos normales (con pigmentación) puede ser Aa o AA (homocigoto dominante).

El genotipo del hijo albino es aa (homocigoto recesivo).

1. b) El genotipo del padre puede ser Aa (heterocigoto) o AA (homocigoto dominante). El genotipo de la madre albina es aa (homocigoto recesivo).

Los hijos son Aa (heterocigotos).

1. c) El genotipo del padre es Aa (heterocigoto).

El genotipo de la madre albina es aa (homocigoto recesivo).

El genotipo de los 3 hijos normales (con pigmentación) es Aa (heterocigoto).  
El genotipo de los 3 hijos albinos es aa (homocigotos recesivos).

2. El genotipo del macho es BbSs (heterocigoto para las dos características) y el de la hembra es bbss (homocigoto recesivo para las dos características).

3. Considerando que el macho es blanco y con pata en forma de mula puede tener 4 posibles genotipos: NNMM, NNMm, NnMM y NnMm. El genotipo de la hembra es nnmm (homocigota recesiva para las dos características). Por lo tanto, considerando los diferentes genotipos del macho se pueden tener 4 posibilidades.

**Posibilidad 1:** Macho NNMM X nnmm

Cuadro de Punnett

Gametos macho / Gametos hembra	<b>nm</b>
<b>NM</b>	NnMm

Todos los descendientes son heterocigotos para las dos características, es decir son blancos con pata en forma de mula (NnMm).

**Posibilidad 2:** Macho NNMm X nnmm

Cuadro de Punnett

Gametos macho/Gametos hembra	<b>nm</b>
<b>NM</b>	NnMm
<b>Nm</b>	Nnmm

El 50% de los descendientes podría ser blanco y con pata de mula (NnMm) y el otro 50% podría ser blanco y con pata hendida (Nnmm).

**Posibilidad 3:** Macho NnMM X nnmm

Cuadro de Punnett

Gametos macho/Gametos hembra	<b>nm</b>
<b>NM</b>	NnMm
<b>nM</b>	nnMm

El 50% de los descendientes podría ser blanco y con pata de mula (NnMm) y el otro 50% podría ser negro y con pata de mula (nnMm).

**Posibilidad 4:** Macho NnMm X nnmm

Cuadro de Punnett

Gametos macho/Gametos hembra	<b>nm</b>
<b>NM</b>	NnMm

El 25% de los descendientes podría ser blanco y con pata de mula (NnMm).

El 25% de los descendientes podría ser blanco y con pata hendida (Nnmm).

El 25% de los descendientes podría ser negro y con pata de mula (nnMm).

El 25% de los descendientes podría ser negro y con pata hendida (nnmm).

3. a) Vlad es Pp, Mina pp, el padre de Mina Pp y Buffy pp.

3. b) El 50%

3. c) Leyendas de vampiros y la novela que se inspiró en estas leyendas es Drácula.

## Autoevaluación

**Instrucción.** Lee los siguientes enunciados y coloca en el paréntesis la respuesta del mismo.

1. En los ratones el pelo negro (N) es dominante sobre el pelaje marrón (n). La cola corta (T) es dominante sobre la cola larga (t). ¿Qué proporción de la descendencia de la crucea  $NnTt \times NNtt$  tendrá pelo negro y una cola larga?.....( )  
A) 1/16  
B) 3/16  
C) 3/8  
D) 1/2
2. Un tipo de sordomudez hereditaria se produce por la existencia de un gen recesivo (s). Si un hombre y una mujer con oído normal, cuyas respectivas madres son sordas, tienen un hijo ¿qué probabilidad existe de que sea sordomudo? .....( )  
A) 15%  
B) 50%  
C) 25%  
D) 75%
3. Si una planta homocigótica de tallo alto (AA) se cruza con una homocigótica de tallo enano (aa), sabiendo que el tallo alto es dominante sobre el tallo enano, ¿Cómo serán los genotipos de la F1 y de la F2? .....( )  
A) F1: Aa y F2: AA, Aa y aa  
B) F1: Aa y F2: Aa  
C) F1: AA y F2: AA y aa  
D) F1: AA y F2: AA, Aa y aa
4. La fenilcetonuria (FCU) es un desorden metabólico que se hereda como carácter autosómico recesivo. Dos progenitores sanos tienen un hijo con FCU. Los genotipos de los padres son:  
A) GG y gg  
B) gg y Gg  
C) gg y gg  
D) Gg y Gg

Respuestas:  
1(D), 2(C), 3(A), 4(D)

**Aprendizaje.** Distingue a la herencia ligada al sexo y la codominancia como otros modelos de relación entre cromosomas y genes.

Temática: Herencia

Subtema 2: Variantes de la herencia mendeliana

## *Variantes de la herencia mendeliana*

*Cabrera Torres Norma*

Uno de los factores que incidió en el éxito de los trabajos de Mendel fue que los caracteres elegidos por él, estaban regulados por genes que se comportan de acuerdo a un mismo patrón; al patrón de dominancia y recesividad.

Sin embargo, no todas las características se presentan de la misma manera, existen otras formas de herencia llamados variantes de la herencia mendeliana y son: herencia ligada al sexo, la codominancia, dominancia incompleta, alelos múltiples, entre otros.

### **I. Herencia ligada al sexo**

En la década de 1890 los científicos advirtieron que los machos y hembras de algunos organismos mostraban a menudo diferencias cromosómicas, y comenzaron a pensar que estas diferencias estarían relacionadas con la determinación del sexo.

Sutton, había observado que, los cromosomas de un organismo diploide aparecen en pares. En todos los pares, excepto uno, los cromosomas en los machos y las hembras parecían ser iguales: Estos son llamados autosomas.

La estructura de un par, sin embargo, puede diferir entre machos y hembras. Los cromosomas de este par se conocen como cromosomas sexuales. El cromosoma sexual que es igual en las células tanto de machos como de hembras se llama cromosoma X; el cromosoma diferente que es característico de células de los machos se llama cromosoma Y. Así, podemos caracterizar los dos sexos como XX (hembra) y XY (macho).

Morgan fue uno de los primeros científicos en relacionar la herencia de algunos caracteres con el sexo, al descubrir que el gen causante del color de ojos en la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster* se encuentra localizado en el cromosoma X. De esta forma se demuestra que en estos cromosomas se encuentran genes que determinan el sexo y genes que influyen sobre otros caracteres hereditarios no relacionados.

Los caracteres ligados al sexo son aquellos que están determinados por genes localizados en los cromosomas sexuales.

Morgan utilizó la *Drosophila* para sus experimentos de genética y encontró una mosca mutante de ojos blancos que era un macho. Morgan cruzó un macho de ojos blancos con una hembra de ojos rojos y en la F<sub>1</sub> toda la progenie tuvo ojos rojos. Al cruzar entre sí la progenie F<sub>1</sub> en lugar de encontrar la relación 3:1 de fenotipos dominante recesivo, la relación estuvo más próxima a 4:1 y además todos los individuos de ojos blancos eran machos.

Estos experimentos introdujeron el concepto de características ligadas al sexo. En el macho heterogamético, cualquier alelo llevado por el cromosoma X se expresa en el fenotipo. En consecuencia, los “recesivos” ligados al sexo, aparecen mucho más frecuentemente en los machos.

En la representación de las características en la herencia codominante se utilizan dos letras mayúsculas iguales con una letra en superíndice también en mayúscula, indicando la característica que manifiesta

Los resultados de los cruzamientos entre *Drosophila* de ojos blancos y de ojos rojos convencieron a Morgan y a muchos otros genetistas de que la hipótesis de Sutton era correcta: Los genes están en los cromosomas.

Algunas anomalías humanas están ligadas al sexo, por ejemplo, el cromosoma sexual X, puede portar genes recesivos que causan algunas enfermedades como el daltonismo y la hemofilia.

Por ejemplo, el símbolo  $X^d$  significa un alelo recesivo ligado al X para el daltonismo y  $X^D$  denota un alelo ligado al X dominante para la visión normal al color. El cromosoma Y se escribe sin superíndices porque no porta el locus de interés. Dos alelos recesivos ligados al X deben estar presentes en un individuo femenino para que el fenotipo anormal (daltonismo) sea expresado ( $X^d X^d$ ), Una mujer heterocigota

**Herencia Ligada al Sexo**  
**Daltonismo**

- Anomalia visual recesiva en la que el individuo tiene deficiencia en la distinción de los colores rojo o verde.
- Los hombres daltónicos (8%) tienen un gen  $X^d$  pues son hemizigotos y las mujeres daltónicas (0,64%) deben ser homozigotas recesivas.



Fenotipo	Genotipo
Mujer normal	$X^D X^D$
Mujer portadora	$X^D X^d$
Mujer daltónica	$X^d X^d$
Hombre normal	$X^D Y$
Hombre daltónico	$X^d Y$

Tomada de: <https://es.slideshare.net/revil4/clase-4-determinacion-del-sexo-y-herencia-ligada-al-sexo>

Puede ser una portadora, individuo que tiene una copia de un alelo recesivo mutante pero que no lo expresa en el fenotipo  $X^D X^d$ . Para que el fenotipo anormal (daltonismo) sea expresado en un individuo femenino, dos alelos recesivos ligados al X deben estar presentes ( $X^d X^d$ ); mientras que en el hombre hemicigoto un solo alelo recesivo ( $X^d Y$ ) causa el fenotipo anormal. Como consecuencia, esos alelos anormales se expresan con mucha más frecuencia en descendientes masculinos. Como se aprecia en la imagen del ejemplo, una mujer heterocigota puede ser una portadora, es un individuo que tiene una copia de un alelo recesivo mutante pero que no lo expresa en el fenotipo  $X^D X^d$ .

## II. Codominancia, ejemplo de variante de la herencia mendeliana

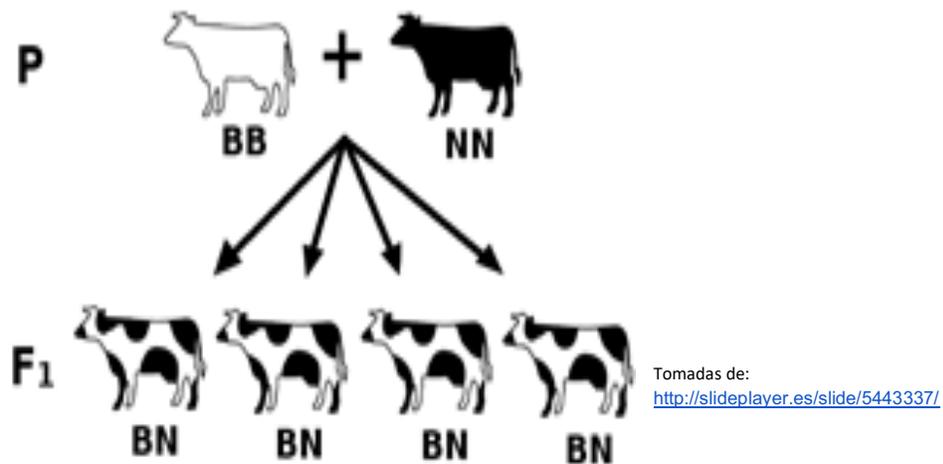
En otros casos los alelos pueden actuar de una manera **codominante**, en la que los heterocigotos no expresan un genotipo intermedio, sino ambos genotipos homocigóticos se expresan simultáneamente. Cuando hay codominancia entre dos alelos las proporciones fenotípicas en la F2 son de 1:2:1, se observa que el fenotipo describe el genotipo, el cual es diferente a la proporción Mendeliana clásica de 3:1.

Un ejemplo se encuentra en el tipo sanguíneo humano AB, en cuyo fenotipo se expresan las características distintivas de los glóbulos rojos de tipo A y de tipo B.

En la representación de las características en la herencia codominante se utilizan dos letras mayúsculas iguales con una letra en superíndice también en mayúscula, indicando la característica que manifiesta.

Fenotipos Grupo Sanguíneo	Genotipos posibles
Grupo A	$I^A I^A, I^A I^O$
Grupo B	$I^B I^B, I^B I^O$
Grupo AB	$I^A I^B$
Grupo O	$I^O I^O$

Otro ejemplo de codominancia es lo que ocurre en el ganado bovino en el color de su pelaje, de la cruce de un toro de pelaje negro ( $C^N C^N$ ) con una vaca blanca ( $C^B C^B$ ), se obtienen terneros ( $C^R C^B$ ). Tendrán pelo color blanco y negro. En la siguiente imagen NN, BB, BN respectivamente.



Toda la progenie resulta heterocigota ( $C^R C^B$ ) y manifiesta un fenotipo de color de pelaje de manchas blancas y negras, como resultado de que ambos colores se manifiestan a causa de los alelos codominantes.

## Bibliografía

Audesirk, T. y Audesirk, G., (2008), *Biología, La vida en la tierra*, México, Prentice-Hall, Hispanoamericana.

Curtis, H. y Barnes, N., (2001), *Biología*, España, Médica Panamericana.

Solomon, E., Berg, L. y Martin, D., (2001), *Biología*. México, McGraw-Hill Interamericana  
Tema variantes de la herencia mendeliana. Recuperado de <https://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia1/unidad3/ingenieriagenetica/herenciaNoMendeliana/> (noviembre de 2017)

Video daltonismo: Recuperado de <https://youtu.be/TVzmyL2OGIs> (octubre de 2017)

Video codominancia. Recuperado de <https://youtu.be/EJ7kLWiNpGM> (noviembre de 2017)

## *Actividades de aprendizaje*

---

**Instrucción.** Realiza las siguientes actividades

1. Para repasar la información, revisa el siguiente video: Herencia ligada al sexo: <https://youtu.be/TVzmyL2OGIs>

2. Contesta las siguientes preguntas

a) ¿Qué significa Herencia no mendeliana?

---

b) Según la información previa menciona brevemente ¿cuál es la importancia de los trabajos de Morgan con la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster*?

---

c) Indica un ejemplo de caracteres que se encuentran ligados a los cromosomas sexuales en la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster*.

---

d) . ¿Porque se expresan con más frecuencia los alelos recesivos en las mujeres que en los hombres cuando están ligados al cromosoma sexual?

---

e) Investiga dos ejemplos de genes están ligados al sexo en humanos

---

f) ¿Qué significa que dos alelos son codominantes?

---

3. El ganado de este ejemplo pueden tener el pelaje negro, blanco o manchado. Los alelos con relación codominante son  $C^N$  para negro y  $C^B$  para blanco.

a) ¿De qué color serían los descendientes resultado de un cruce de vaca blanca  $C^B C^B$  con un toro negro  $C^N C^N$  Analiza la siguiente cruce

R: \_\_\_\_\_

Los alelos codominantes son:

Alelo N- color negro

Alelo B- color blanco

Genotipos posibles

$C^N C^N$  pelaje negro

$C^B C^B$  pelaje blanco

$C^N C^B$  pelaje negro y blanco

Fenotipos	Vaca pelaje negro		Toro pelaje blanco
Genotipo	$C^N C^N$	x	$C^B C^B$
Gametos	$C^N$		$C^B$
F1		$C^N C^B$	

b) Si una vaca blanca se cruza con un toro manchado, ¿de qué color pueden ser sus descendientes?

c) Completa el siguiente cuadro

Fenotipos	Vaca pelaje blanco		Toro pelaje manchado
Genotipo	$C^B C^B$	x	$C^N C^B$
Gametos	B		
F1			

4. Si una vaca manchada se cruza con un toro negro, ¿se puede encontrar algún descendiente blanco?

---

Repasa el problema anterior al revisar el video de la siguiente dirección y compara tus respuestas: <https://youtu.be/EJ7kLWiNpGM>.

5. En el siguiente cuadro se representa el cruzamiento de una planta de flores color rojo cuyos alelos son  $C^R C^R$  con una planta con flores color blanco alelos  $C^B C^B$ . Al cruzarse se obtiene un tipo de flor de color rojo con manchas blancas, presentando ambas características.

Fenotipos	Flores color rojo		Flores color blanco
Genotipo	$C^R C^R$	x	$C^B C^B$
Gametos	$C^R$		$C^B$
F1	Genotipo $C^R C^B$ Fenotipo: flor de color rojo con manchas blancas		

6. ¿Qué proporción se obtendrá en la F1 de flores Rojas \_\_\_\_\_?, ¿cuál será la proporción de flores blancas\_\_\_\_\_ y cual de manchas blancas? \_\_\_\_\_?

b) Menciona según tus resultados, que fenotipos se encontrarían si se presenta dominancia y \_\_\_\_\_ recesividad \_\_\_\_\_ en \_\_\_\_\_ los \_\_\_\_\_ caracteres \_\_\_\_\_ involucrados.

---

c) ¿Los resultados obtenidos se pueden explicar con algún postulado o ley de Mendel? Si es así escribe con cual:

---

d) ¿Qué hipótesis explicaría mejor estos resultados?

---

Aprendizaje. : Distingue a la teoría cromosómica de la herencia como la explicación en la transmisión de los caracteres.

Temática 2: Herencia

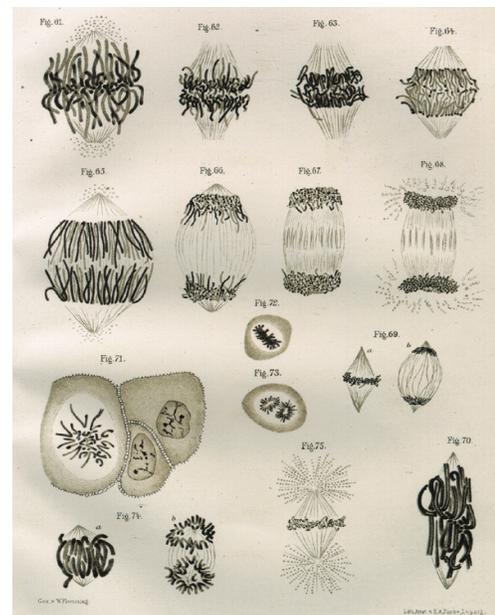
Subtema 3: Teoría cromosómica de la herencia.

## Teoría cromosómica de la herencia

Castro Dorantes Juan

Hoy en día, en nuestro lenguaje cotidiano, en alguna plática con los amigos, los primos, papás o tíos, puede salir el tema si te pareces a tu papá o mamá, que pudieras haber sacado el carácter amable o irascible seguramente lo heredaste de papá, mamá o bien de los abuelos. Esta noción de la herencia de características morfológicas o humor es intuitiva, ya que la percibimos desde etapas tempranas de nuestra vida. También asociamos que está en algo que llamamos genes, y son éstos los responsables de proporcionar las todas las características morfológicas. Y esto es verdad, pero no es exclusivo en los humanos, sino también en el resto de los vertebrados, hongos, plantas, protistas, eubacterias y arqueobacterias. Y asociamos los genes que puedan estar contenidos en el DNA, y que éste en las células eucariontes se organice en una estructura muy compacta y evidente en la metafase, el cromosoma. Esta asociación de que los genes se ubican en los cromosomas no fue fácil de discernirlo y no es tan simple como parece.

La Teoría Cromosómica de la Herencia se le adjudica a Walter S. Sutton (1887- 1916) y Theodor Boveri (1862 – 1915) en el año de 1902. La importancia de esta Teoría es que unifica dos áreas del conocimiento, la biología celular (antes llamada citología) y la genética. La primera explicación de esta teoría, es que la segregación de los cromosomas en la meiosis siguen las reglas propuestas por Gregor Mendel (1822 – 1884). Los cromosomas fueron descritos por primera vez en el año de 1842 por Karl Wilhelm von Nägeli (1817 – 1891) y Edouard Van Beneden (1846 – 1910). En esas épocas los microscopios ópticos ofrecían una baja resolución, por tanto, los investigadores recurrían al uso de colorantes para resaltar el contenido celular. En el año de 1882 Walther Flemming observó una malla fibrosa en el núcleo al cual llamó cromatina o material teñible; y durante la mitosis describió a estructuras en forma de hilos, los cromosomas (los llamó mitosen) (Figura 1).



**Figura 1.** Dibujos de Walther Flemming de los cromosomas en distintas etapas de la mitosis- Tomada de: <http://cienciasdejoseleg.blogspot.mx/2013/10/walther-flemming-y-los-cuerpos.html>

Boveri retomó los trabajos de Flemming, pero sus estudios los enfocó en los cromosomas de las células germinales de *Ascaris megalocephala* (hoy *Parascaris equorum*), debido a que sus células son grandes, transparentes y que presentan dos pares de cromosomas. Boveri

fue capaz de trazar el destino de los cromosomas en cada célula, en particular en aquellas que formarán a los gametos. Descubrió que en los gametos sólo había dos cromosomas y al ocurrir la fertilización se completaban los dos pares de cromosomas.

L. Doncaster y G. H. Raynor describieron en 1906 resultados diferentes en cruzas recíprocas, ya que Mendel observó los mismos resultados en este tipo de cruzas. Es decir, al analizar el color de las alas en la mariposa del grosellero (*Abraxas*), en una con alas blancas y otra con alas negras (Figura 2). En una cruza, hembras de alas blancas con machos de las negras las progenies fueron de las negras; mientras en la otra, hembras de alas negras con machos de las blancas, todas las hembras fueron de alas blancas y machos con alas negras. Esto se asoció con el sexo de las mariposas.



**Figura 2.** Mariposa del grosellero.

La explicación del resultado anterior fue proporcionada por Thomas Hunt Morgan en el año de 1909 al estudiar a la mosca de la fruta, *Drosophila melanogaster*. Él observó una coloración particular en el ojo, comúnmente es de color rojo, encontró machos con ojos de color blanco (ver figura 3). Morgan describió que en la cruza entre una hembra de ojos de color rojo con un macho de ojos de color blanco, los hijos presentaban ojos de color rojo; mientras que en la cruza de hembras de color blanco con machos de ojos rojos, en la progenie las hembras presentaban ojos rojos mientras los machos con ojos blancos. Los hijos presentaban el fenotipo de la madre. Describió Morgan la herencia ligada al sexo.



**Figura 3.** Moscas de la fruta con ojo de color blanco y rojo.

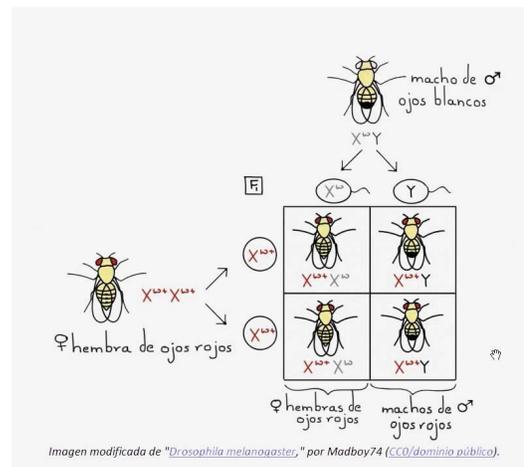
Para poder comprender el impacto de los experimentos de Morgan, retrocedamos al año de 1891 donde H. Henking (1858 – 1952) descubre en la chinche de la malva (*Pyrrhocoris apterus*) (Figura 4) al observar el fenómeno de la meiosis, que el núcleo contiene 11 pares de cromosomas apareados y un par no apareado.



**Figura 4.** Chinche de la malva, *Pyrrhocoris apterus*.

Este par no apareado migraba a uno de los polos durante la primera división meiótica. Henking llamó a estos elementos no apareados como “cuerpo X”. En 1905, Edmond Wilson detectó que las hembras del género *Protenor* presenta seis pares de cromosomas, mientras que los machos tienen cinco pares y un par no apareado, el cual nombró que las hembras presentan un cromosoma X. También en ese mismo año de 1905, Nettie Stevens encontró en las hembras y en los machos del escarabajos del género *Tenebrio* presentan el mismo número de cromosomas, pero en los machos un par era de distinto tamaño (heteromórfico), uno de los cromosomas heteromórficos estaba presente tanto en los machos como en las hembras (los denominó cromosoma X) y el otro cromosoma estaba sólo en los machos (lo llamó cromosoma Y). Ella encontró el mismo comportamiento en la mosca *Drosophila melanogaster*.

Con esta información, Morgan interpretó sus resultados en la coloración de los ojos, rojos o blancos, como a continuación se describe. Él postuló que los genes para el color blanco o rojo están presentes en el cromosoma X y que estos genes no se encuentran en el cromosoma Y. así, las hembras presentan dos alelos para este gen, y los machos sólo uno (Figura 5).



**Figura 5.** Explicación de Morgan a la presencia de ojos rojos y blancos en *D. melanogaster*. Tomada de: <https://es.khanacademy.org/science/biology/classical-genetics/chromosomal-basis-of-genetics/a/discovery-of-the-chromosomal-basis-of-inheritance>.

En 1913, Estrella Eleanor Carothers (1882 – 1957) al observar los testículos en chapulines, encontró una curiosidad en los cromosomas. Existían cromosomas muy parecidos entre ellos, pero había un par de ellos distintos, los denominó cromosomas heteromórficos. Aún no quedaba claro el papel de los cromosomas, porque se necesitaban experimentos de tipo cuantitativo. Albert Blakeslee (1874 – 1954) en 1922, al estudiar a la planta del toloache (*Datura stramonium*) la cual presenta 12 pares de cromosomas, pudo obtener 12 cepas diferentes, las cuales presentaban los 12 pares de cromosomas más un cromosoma extra de cada par. Blakeslee mostró que cada cepa presentaba rasgos fenotípicos diferentes (Figura 6)

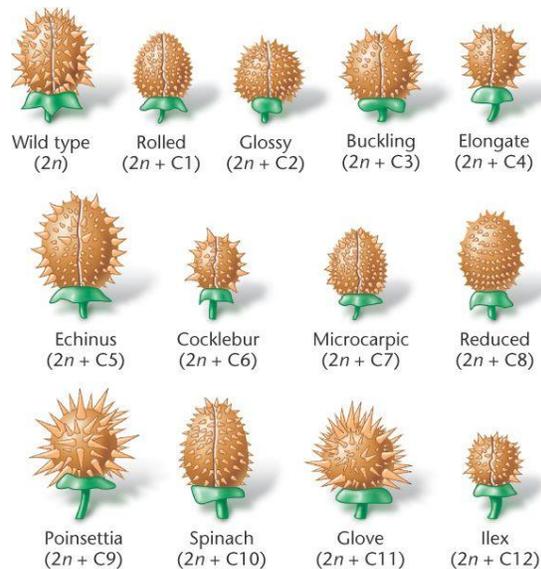


Figura 6. Frutos de las cepas de *Datura*, donde se muestran diferencias fenotípicas al presentar un cromosoma de más.

Otro investigador aportó una serie de experimentos que le dotó una solidez a la Teoría cromosómica de la Herencia de 1913 a 1915, éste fue Calvin Bridges alumno de Morgan. Lo primero que realizó fue que representó con letras mayúsculas X e Y a los cromosomas X, Y. Como se mencionó con anterioridad (Figura 5), una cruce entre una hembra de ojos blancos  $X^w X^w$  con machos de ojos rojos  $X^{w+} Y$ , en la progenie saldrían hembras con ojos rojos ( $X^{w+} X^w$ ) y los machos con ojos blancos ( $X^w Y$ ). Pero él encontró una frecuencia baja pero recurrente (1 cada 2000 individuos), que aparecían machos con ojos rojos o hembras con ojos blancos. Calvin Bridges encontró un fenómeno celular al que pudo explicarlo de la siguiente forma: durante la meiosis los cromosomas no se lograban separar (no disyunción) el resultado fue una célula que en lugar de portar un cromosoma portaba los dos. Así en el macho, una célula portaba dos cromosomas ( $X^{w+} Y$ ) al fecundar un óvulo ( $X^w$ ), el resultado era un macho con ojos rojos ( $X^{w+} X^w Y$ ).

### Bibliografía:

- O'Connor Clare y Miko Ilona, (2008), Developing the chromosome theory, *Nature Education* 1(1):44.
- Griffiths AJF, Miller JH, Suzuki DT, *et al.*, An Introduction to Genetic Analysis. New York: W. H. Freeman; 2000. Historical development of the chromosome theory
- Crow Ernest W. y Crow James F., (2002), 100 Years Ago: Walter Sutton and the Chromosome Theory of Heredity, *Genetics* 160 (1):1-4.

## *Actividades de aprendizaje*

---

**Instrucción.** Elabora una línea de tiempo señalando a los investigadores, fecha y la contribución que hicieron para el desarrollo de la Teoría Cromosómica de la Herencia.

### Línea del tiempo



## Autoevaluación

**Instrucción.** Lee los enunciados y coloca en el paréntesis la respuesta del mismo.

1.- Investigador que en 1882 observó la cromatina:.....( )

- A) Walter Sutton
- B) Edouard Van Beneden
- C) Walther Flemming
- D) Edouard Van Beneden

2.- La teoría cromosómica de la herencia postula: .....( )

- A) Las células sexuales son haploides
- B) Los cromosomas sexuales son dos
- C) Los cromosomas en la meiosis siguen las reglas propuestas por Gregor Mendel
- D) Los cromosomas presentan dominancia y recesividad

3.- Qué investigadores asociaron un fenotipo al sexo de los individuos. ....( )

- A) T.H. Morgan y Boveri
- B) L. Doncaster y G. H. Raynor
- C) Edmond Wilson y Nettie Stevens
- D) Albert Blakeslee y Calvin Bridges

4.- Nettie Stevens describió el cromosoma: .....( )

- A) Z
- B) X
- C) Autosoma
- D) Metacéntrico

5.- Calvin Bridges le proporcionó solidez a la Teoría cromosómica de la Herencia al descubrir: .....( )

- A) La no disyunción de los cromosomas
- B) La recombinación
- C) La meiosis
- D) La presencia de genes dominantes y recesivos.

Respuestas:  
1(C), 2(C), 3(B), 4(B), 5(A)

Aprendizaje. Aprecia que las mutaciones son fuente de cambio en los sistemas biológicos.  
 Temática 2: Herencia  
 Subtema 4: Mutación y cambio genético.

## Mutaciones

Hernández Romero Paulina

Hace tiempo que conozco la palabra mutaciones, la he visto en diferentes películas de súper héroes, recuerdo las tortugas ninja, las cuales mutaron debido a una sustancia radiactiva que les cayó por error, también he escuchado decir que las personas que tienen ojos de color verde o azul poseen una mutación (pero no considero que a ellas les haya sido suministrada una sustancia radiactiva) y además algunas personas que tienen glóbulos rojos en forma de media luna (los glóbulos rojos regularmente tienen forma de disco) (Figura 1) también tienen mutaciones, entonces surgen algunas preguntas con respecto al tema ¿Qué son las mutaciones? ¿Cómo se originan? Y ¿Cuál es su efecto?



**Figura. 1.** Glóbulos rojos en forma disco y en forma de hoz (característica de anemia falciforme). Tomada <https://www.anemia.top/wp-content/uploads/2017/06/Anerfalciforme.jpg>

Las **mutaciones** son alteraciones del material genético. Por ejemplo, analiza la siguiente secuencia de bases nitrogenadas y escribe lo que sucede en la línea inferior, para ello deberás recordar la ley de Chargaff.

Recordemos la relación encontrada en la Ley de Chargaff:	
ADN	ARN
A-T	A-U
G-C	G-C

ADN	T	A	C	A	A	C	C	C	G
ARN	A	U	G	U	G	G	G	G	C

En efecto, lo que sucedió fue una modificación del material genético, esta puede tener dos orígenes; inducida o espontánea.

- **Inducida.** Son provocadas por algún factor, como la radiación, la oxidación o por sustancias químicas, como la colchicina (fármaco que inhibe la mitosis) (Watson y cols., 2006). Este tipo de mutaciones es al que se refieren las películas de ficción, claro que el efecto que vemos en las películas no es real (tortugas ninja).

- **Espontánea.** Surgen de manera inesperada durante procesos como la meiosis (Tema revisado en la unidad II), la mitosis o la síntesis de proteínas (Tema revisado en la unidad II. Metabolismo). La mayoría de las mutaciones tienen este origen.

Si bien la mayoría de las mutaciones tienen un origen espontáneo también es importante mencionar que puede que tengan o no un efecto. Lo que quiere decir que puede existir un cambio en el material genético, pero no siempre hay una consecuencia y entonces se le llama **mutación silenciosa** (Lewis, 2008).

Analiza lo que sucede y anota tus observaciones:

Secuencia de nucleótidos original:

<b>ADN</b>	T	A	C	A	A	A	C	C	G
<b>ARN</b>	A	U	G	U	U	U	G	G	C
<b>Aminoácidos</b>	Metionina			Fenilalanina			Glicina		

Secuencia de nucleótidos mutante:

<b>ADN</b>	T	A	C	A	A	A	C	C	G
<b>ARN</b>	A	U	G	U	U	U	G	G	U
<b>Aminoácidos</b>	Metionina			Fenilalanina			Glicina		

¿Qué sucede con la secuencia de ARN? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¿Qué sucede con los aminoácidos producidos? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Es decir, existe una mutación, pero no hay un efecto en el aminoácido. Porque esta se considera una mutación silenciosa.

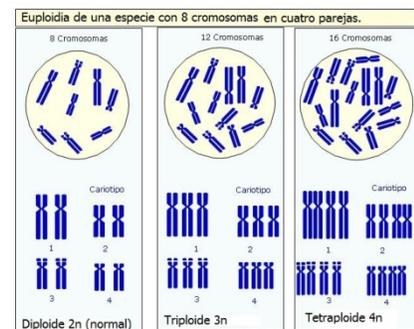
Pero, si existe una consecuencia, quiere decir que ha surgido un cambio en los sistemas biológicos, por ejemplo, al inicio mencionábamos que una mutación podía provocar que los glóbulos rojos no tuvieran forma de disco, sino de hoz, esto indica que las mutaciones pueden originar variaciones en las características fenotípicas de los seres vivos (Biggs y cols., 2012).

Por ejemplo, si tenemos dos tortugas, de las cuales una posee el color característico de la especie y la otra es blanca, sabemos que en la primera la producción de melanina (sustancia responsable de la producción del color en los sistemas biológicos) es deficiente, lo que hace que esta sea albina y la otra no. Es decir ha surgido una **variación genética** que se ha expresado.

Esa variación genética puede presentarse en dos tipos de células, las somáticas o las germinales y dar origen a:

- **Mutaciones somáticas**, que se originan en células somáticas (todas las del cuerpo, excepto las germinales) ello sucede cuando se dividen por mitosis y la mutación se transmite a las células hijas.
- **Mutaciones de la línea germinal**, que aparecen en células que producen gametos (Gametogénesis, primer tema de esta unidad), lo que hace que la mutación se transmita a generaciones futuras (Pierce, 2016).

Aunado a lo anterior, según la extensión del material genético afectado, las mutaciones se han dividido en: **mutaciones génicas o puntuales** que afectan comúnmente la secuencia de aminoácidos (ejercicios anteriores); **mutaciones cromosómicas** donde la estructura de los cromosomas sufrió modificaciones y las **mutaciones genómicas** donde se afecta número de los cromosomas que tiene el individuo. En los tres casos podemos encontrar variación genética, pero las mutaciones genéticas son importantes porque en ocasiones cuando se afecta la carga cromosómica se obtienen individuos de gran tamaño, lo cual favorece la agricultura. Por ejemplo las fresas de gran tamaño y el trigo tienen mutaciones genómicas (Figura. 2) (Audesirk, *et al.*, 2008).



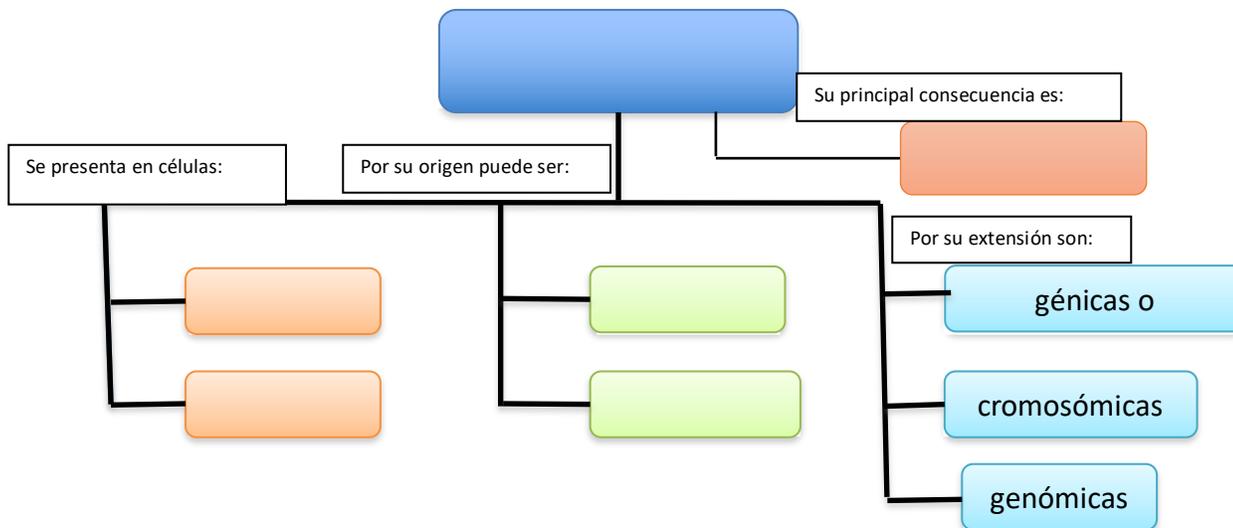
**Figura 2.** Ejemplo de mutaciones genómicas, la carga cromosómica total se modifica. Tomada de: [http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/09022011/f0/es-an\\_2011020913\\_9080433/ODE-2863838c-6520-345c-994a-c71f39b445b2/Euploidia.JPG](http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/09022011/f0/es-an_2011020913_9080433/ODE-2863838c-6520-345c-994a-c71f39b445b2/Euploidia.JPG)

## Bibliografía

- Audesik, T, *et. al.*, (2008), *Biología la vida en la Tierra*, México, Pearson.
- Biggs, A. W. Crispen, W. G. Holliday, Ch. L. Kapicka, L. Lundgren, A. H. Mackenz, W. D. Rogers, M. B. Sewer y D. Zike, (2012), *Biología*, México, Mc. Graw Hill.
- Lewis, B., (2008), *Genes IX.*, México, Mc Graw Hill.
- Watson, D. J, Baker, A. T., Bell, P. S., Gann. A., Levine, M. y Losick, R, (2006), *Biología molecular del gen*, Madrid, Editorial Médica Panamericana.
- Pierce, A. B, (2016), *Genética*. Un enfoque conceptual. Madrid, Editorial Panamericana.

## Actividad de aprendizaje

**Instrucción.** Identifica las ideas principales del texto y completa el mapa conceptual



## Autoevaluación

**Instrucción.** Lee los enunciados y coloca en el paréntesis la respuesta del mismo.

- Hace unos días se presentó en el hospital un paciente indicando que hace algunas semanas fue "atacado" por una araña y que tiene una mutación en la piel, la cual está mutando. Tú eres el experto, elige como le contestarías al paciente:.....( )
  - En efecto tiene una mutación, estas producen que la piel se modifique.
  - No tiene una mutación, ya que el ADN de la araña no se ha combinado con el suyo.
  - Si tiene una mutación, las arañas producen mutaciones.
  - No tiene una mutación, ya que el material genético no se ha modificado.
- En un laboratorio de genética de la Facultad de Ciencias, realizan una investigación sobre la secuencia de genes para la formación de la insulina de cerdos, pero ha encontrado una mutación, ellos se preguntan ¿en qué tipo de célula se encuentra la mutación? .....( )
  - Células germinales
  - Células reproductoras
  - Células somáticas
  - Células de línea germinal

3. En la zona Lacandona un botánico ha encontrado que un helecho en una población que es de color diferente al "normal" o común, este investigador atribuye la modificación a las mutaciones, ya que la principal consecuencia de estas es:....( )
- A) Variación genética
  - B) Enfermedades
  - C) Cambios de color
  - D) No hay consecuencias
4. Xóchitl realiza una investigación en una planta originaria de Hidalgo, se tienen 3 zonas de muestreo, en la primera al observar los cromosomas se ha encontrado que en dos zonas de muestreo la planta posee 34 cromosomas, pero en la tercera la misma especie tiene 68, siendo esta más grande. Por lo que tiene una mutación ¿de qué tipo?.....( )
- A) Mutación silenciosa
  - B) Mutación génica o puntual
  - C) Mutación genómica
  - D) Mutación cromosómica

Respuestas

1(D), 2(C), 3(A), 4(C)

Aprendizaje. Reconoce las implicaciones biológicas y éticas de la manipulación del material genético.

Tema 2: Herencia

Subtema 5: Manipulación del DNA.

## Manipulación Genética

*Pérez Ordoñez Sanjuana Ariadna*

Hoy en día se escucha mucho acerca de que los organismos transgénicos son dañinos para la salud y el medio ambiente, que la insulina es humana, que se puede clonar a todos los seres vivos, que existen terapias en donde te arreglan las enfermedades de los genes, o que hay superalimentos en donde te pueden dar tus medicinas. Estos son algunos rumores que se han creado sobre la ingeniería genética, pero para ir resolviendo de qué se trata la manipulación genética hay que empezar con qué es la **genética**, es un campo de la biología que busca comprender la herencia biológica y su transmisión de generación en generación.

Esto que quiere decir, el **DNA** o ADN (ácido desoxirribonucleico) es el jefe de las fábricas celulares el encargado de dar las órdenes porque controla su estructura y función de cada una de ellas, además de que crea copias exactas. Por el DNA es que tenemos el cabello de esa forma y color; la forma y color de nuestras facciones; si producimos o no alguna enzima o incluso podemos tener la probabilidad de padecer alguna enfermedad mental.

Todo esto lo estudia la genética y cómo es que pasan por las generaciones las características que presentan los organismos, pero esta se subdivide en varias ramas como son , según Servando y colaboradores (2012): la **Clásica o Mendeliana**, que se ocupa del estudio de los cromosomas, los genes, y de cómo se heredan de generación en generación; la **Cuantitativa**, analiza el impacto de múltiples genes sobre el fenotipo, muy especialmente cuando estos tienen efectos de pequeña escala; la **Molecular** es la que estudia el DNA, su composición y la manera en que se duplica, así como la función de los genes desde el punto de vista molecular; la **Evolutiva y de poblaciones**, se preocupan del comportamiento de los genes en una población, y cómo esto determina la evolución de los organismos, y por último se cita a la **Ingeniería**, una rama de la Biotecnología que se ocupa de cómo los genes controlan el desarrollo de los organismos vivos. De esta última se deriva como disciplina la **Manipulación Genética**.

El texto se centra en la **Ingeniería Genética**, la cual se encarga de la manipulación y transferencia del DNA, empecemos a revisar las técnicas.

### I. Tecnología del DNA recombinante

El desarrollo de las nuevas tecnologías fue muy rápido en comparación de cómo ha avanzado la ciencia, éstas empezaron su desarrollo en los 70s con el **DNA recombinante**, permitiendo investigar la función y estructura de los genes, así como su manipulación al poder aislarlos, amplificarlos (tener varias copias del mismo gen), conocer su secuencia de nucleótidos exacta y lograr su expresión fuera de la célula original, para todo esto se crearon un conjunto de herramientas que revisaremos. Las enzimas de restricción (moléculas hechas de proteínas de actividad biológica) que utiliza la propia célula en sus procesos internos, los vehículos moleculares de clonación de DNA, que son moléculas de DNA que

permiten la replicación de estos fragmentos, otro recurso importante es la secuenciación del DNA (Bolívar, 2004.) (Figura 1)

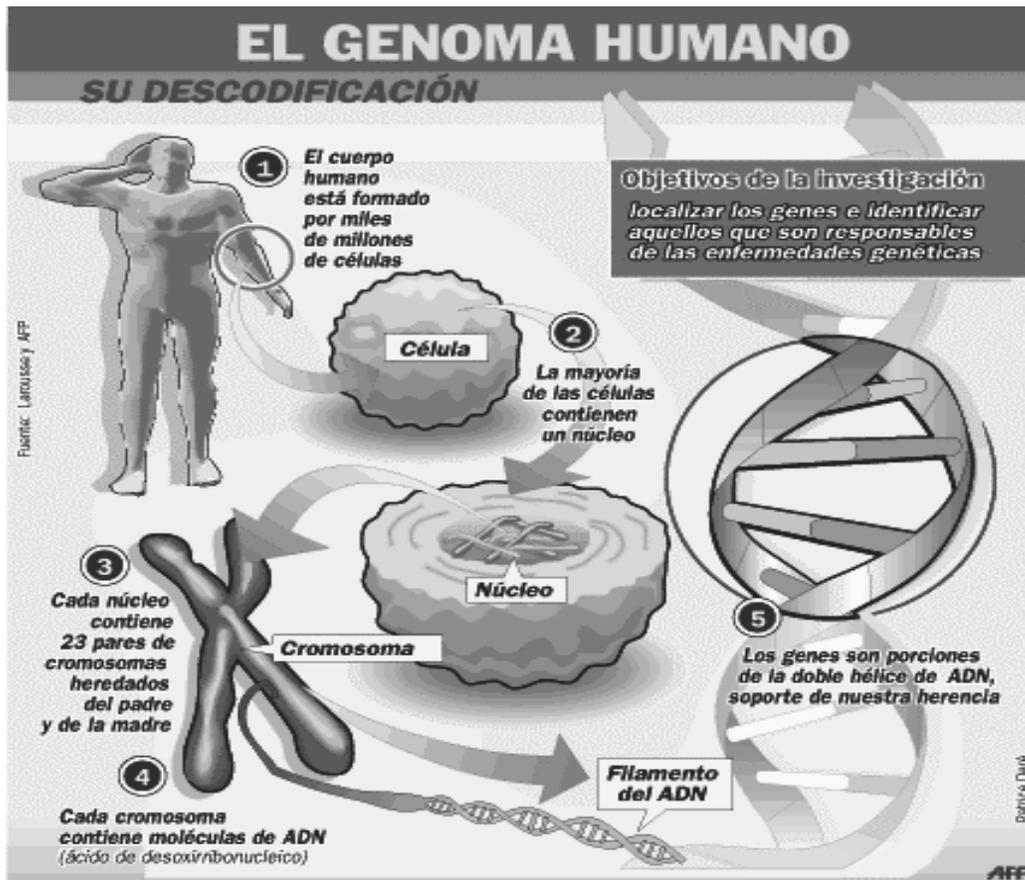


Figura 1. Se observa de donde viene el material genético. Tomada de <http://ciberapitbiomedical.blogspot.mx/2015/10/proyecto-genoma-humano.html>

## II. Clonación

Se define como el conjunto de células u organismos genéticamente idénticos, estos se pueden dar de forma natural o artificial. De forma natural se habla del proceso de reproducción asexual y de los gemelos univitelinos (los gemelos idéntica que se forman de un mismo óvulo). Mientras que la clonación artificial según Chuaire y colaboradores (2004) dentro del contexto de la ingeniería genética, la **clonación** consiste en aislar y amplificar o multiplicar un gen determinado o de un segmento de DNA, procedimiento que se lleva a cabo dentro de un tubo de ensayo.

Por otra parte Castañeda y colaboradores (2004) describen el proceso denominado Transferencia Nuclear, que consiste en que con una “aguja” hueca de 1 diezmilésima de pulgada con la que se retira el núcleo haploide (es decir, con un set de cromosomas) de un óvulo (enucleación) causando una primera herida, después se selecciona una célula somática diferenciada, se toma su núcleo diploide ( $2n$ , con dos sets de cromosomas) y se inserta en el óvulo enucleado causando una segunda herida.

Como el óvulo ya no tiene su propio material genético y realmente tampoco recibió un espermatozoide haploide ( $n$ , con solo un cromosoma), hay que “informarle” que fue

fecundado y ahora es un cigoto que debe empezar a dividirse. Finalmente, el “embrión” se implanta en el útero hormonalmente sincronizado de una hembra de la especie a clonar para su gestación y parto. Puedes ver cómo se realiza este procedimiento en la película los niños del Brasil.

En la siguiente imagen (Figura 2) se describe el proceso que se llevó a cabo en una oveja a la cual llamaron Dolly, fue el primer mamífero clonado, ella nació el 5 de Julio de 1996 pero se hizo público 7 meses después en 1997, esta oveja tuvo crías de forma natural y murió el 14 de febrero del 2003. Actualmente se encuentra disecada en el Museo Nacional de Escocia (puedes buscar más información acerca de esta oveja en <http://www.efefuturo.com/noticia/dolly-clonacion-aniversario/>)

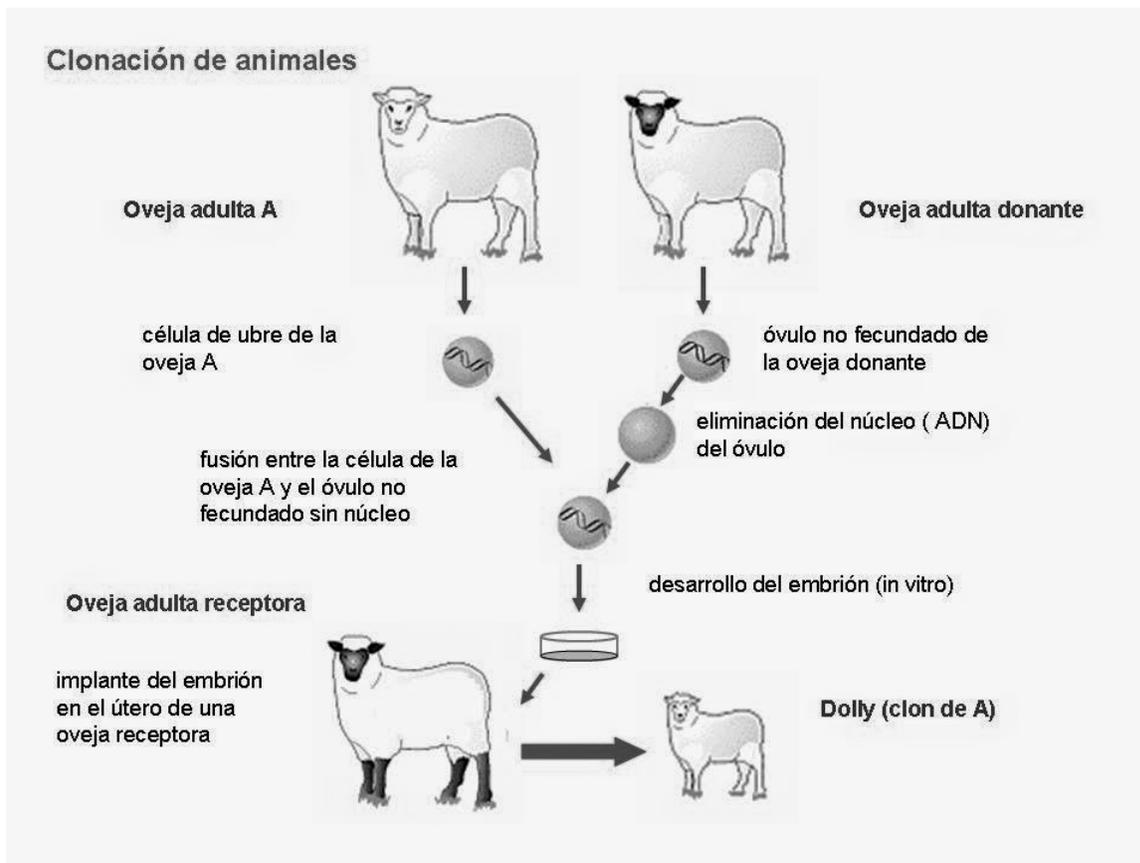


Figura 2.- Se muestra cómo es el proceso de clonación de animales en la oveja Dolly. Tomado de <http://quepaso.info/que-paso-con-la-oveja-dolly/>

La aplicación de la clonación mediante la técnica de transferencia nuclear trae una ventana de posibilidades debido a que en medicina actualmente es una de las formas para ayudar a las parejas que tienen problemas de esterilidad, también a largo plazo se plantea igual que en el anime del 95 Ghost in the Shell, el trasplante de órganos a partir de órganos clonados de esta forma tendríamos nuestro órgano de reemplazo (esto también se plantea en la película la isla, además de que se podrá discutir los alcances sociales que puede tener al respecto).

### III. Las enzimas de restricción y los organismos genéticamente modificados (OGM)

Antes de definir este proceso necesitamos una breve introducción de cómo se llegó aquí. Hoy en día se ha diversificado mucho el estudio de la biología, por ejemplo tenemos las omics, que son ramas que estudian un conjunto de algo por ejemplo la proteómica que estudia a las proteínas y la genómica que da los datos necesarios a la ingeniería genética, porque señala en cada especie donde se encuentran los genes, donde hallarlos, cómo actúan y por lo mismo su transferencia.

La convicción de poder aislar, modificar y trasplantar genes de un organismo a otro, transmitiendo con ello nuevas características genéticas al organismo receptor es lo que ha motivado para seguir investigando al respecto de estas técnicas.

El organismo que recibe material genético de otro **organismo** se denomina transgénico o **genéticamente modificado (OGM)**, y gracias a este nuevo DNA es capaz, en muchos casos, de producir proteínas novedosas llamadas heterólogas (ya que provienen de otra especie). Indudablemente, esta alternativa abre la oportunidad al diseño y desarrollo de organismos transgénicos para que produzcan proteínas de valor social y comercial y también al desarrollo de nueva tecnología biológica para la producción de proteínas recombinantes. En la figura 3 se ve con un ejemplo el proceso para la formación de un transgénico.

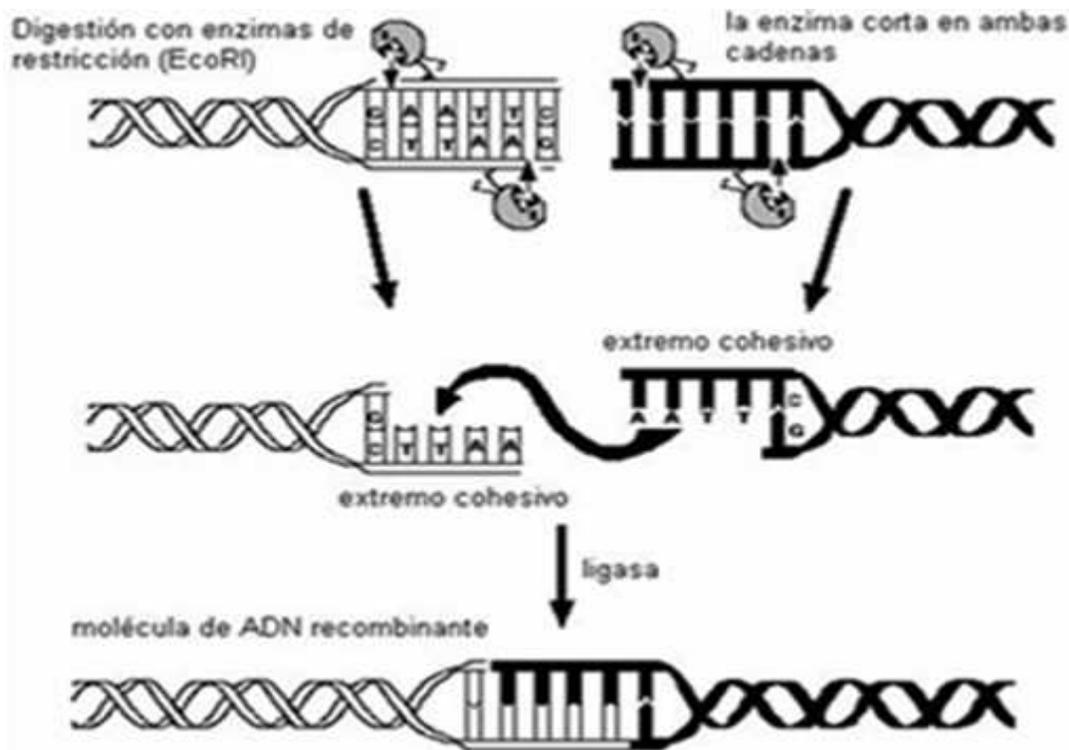


Traducido de la versión inglesa de 2004 de Pearson Education Inc. y publicado por Benjamin Cummins

**Figura 3.** Se ve un esquema de cómo se realiza la técnica del DNA recombinante a partir de la modificación de la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*, que es usado como vector para llevar el gen modificado a una planta. Tomada de <https://www.natura-medioambiental.com/todo-lo-que-debes-saber-sobre-los-alimentos-transgenicos/>

Para la obtención de un OGM se necesita extraer los genes de interés e introducirlos en otro, pero para esto primero necesitamos cortar ese pedazo de DNA, esto se hace con las

**enzimas de restricción** también conocidas como endonucleasas, son enzimas que cortan los enlaces fosfodiéster del material genético, del DNA, a partir de una secuencia que reconocen. En otros términos, vamos a tener una molécula que va a cortar al DNA en zonas específicas y de forma igual específica. Muchas enzimas de restricción hacen cortes escalonados que producen extremos sobresalientes de DNA de cadena sencilla, como una escalera, sin embargo, algunos producen extremos romos (chatos), después la DNA ligasa une al DNA, al tener dos fragmentos de DNA con extremos complementarios, la ligasa puede unirlos. En la clonación del DNA, se utilizan enzimas de restricción y la ligasa para insertar genes y otros fragmentos diferentes de DNA en plásmidos. En la figura 4 se muestra la acción de las enzimas de restricción, se ve el sitio de reconocimiento y el corte del DNA por la enzima. (Bolívar, 2004.)



**Figura 4.** Se muestra como trabajan las enzimas de restricción en un fragmento de doble cadena de DNA. Tomado de <http://porquebiotecnologia.com.ar/index.php?action=cuaderno&opt=5&tipo=1&note=34>

A partir de toda esta nueva era del conocimiento se planteó como hacer organismos más resistentes a la sequía por ejemplo o en cuestiones médicas modificar genes que provoquen alguna enfermedad, con esto nació la **terapia génica** que tiene como objetivo localizar “genes defectuosos” en el genoma humano, esto es identificar información genética que provoque enfermedades y cambiarla por otro sin tales defectos. La ventaja quizás más importante de este método es que se podrían identificar en una persona enfermedades potenciales, que aún no se han manifestado, para reemplazar el gen defectuoso o iniciar un

tratamiento preventivo que atenúe los efectos de la enfermedad. Ello demuestra que la Ingeniería Genética aplicada a la medicina, podría significar el futuro reemplazo de las técnicas terapéuticas actuales por otras más sofisticadas y con mejores resultados. Sin embargo, la complejidad de estos métodos hace que sea todavía inalcanzable tanto por causas científicas como económicas, además del debate social que se lleva al respecto. (Servando, *et al.*, 2012)

#### IV. Consideraciones

El alcance que tiene la manipulación genética es muy grande, debido a que se puede curar el cáncer a partir de la modificación de los genes, fabricar antibióticos en las glándulas mamarias de vacas, clonar animales como fue el caso de la oveja Dolly, incluso clonar órganos humanos, se ha planteado que hasta humanos, a partir de todas estas mejoras también se han planteados problemas éticos y sociales que puede traer al efectuar estas técnicas.

Por esto es necesario tratar una de las aristas de esta rama de la Genética, la Ingeniería Genética Humana, definida como la alteración del genotipo de un individuo con el propósito de elegir el fenotipo antes de la concepción o cambiar en un niño o un adulto el fenotipo ya existente. Esto promete curar enfermedades genéticas como la fibrosis quística e incrementar la resistencia de las personas hacia los virus. Se especula que este tipo de ingeniería podría utilizarse para cambiar la apariencia física, el metabolismo, e incluso mejorar las facultades mentales como la memoria y la inteligencia. ¿Qué opinas al respecto? Te imaginas como sería elegir las características que tendrían los nuevos bebés. Si ya somos demasiadas personas y con la terapia génica se pudiera curar el cáncer ¿Qué pasaría en el mundo? Los alimentos y medicamentos que consumimos, sabemos si son seguros para nosotros, o para la biodiversidad.

#### Bibliografía

Bolívar Z. F. G., (2004), Fundamentos y casos exitosos de la biotecnología moderna. El colegio nacional. México.

Castañeda, (2004), "Clonación"[en línea]. Revista Digital Universitaria. 10 de marzo de 2004, <http://www.revista.unam.mx/vol.5/num2/art7/art7.htm>

Chuaire L., Sánchez M., Franco M., (2004), Clonación animal: avances y perspectivas. Colombia Médica, North America, 35.

INMEGEN [http://www.inmegen.gob.mx/tema/cms\\_page\\_media/242/PGH.pdf](http://www.inmegen.gob.mx/tema/cms_page_media/242/PGH.pdf)

Servando S., Castillo E., Saro C., Marrero J., Pérez H. y González I., (2012), La manipulación genética un enigma del siglo XXI, Escuela Latinoamericana de Medicina Panorama Cuba y Salud, 1 (7) enero-abril, pp. 37-43.

## Actividades de aprendizaje

**Instrucción.** Elabora un mapa conceptual basándote en la lectura, con los conceptos señalados en negritas

Con las siguientes notas del periódico explica:

1. Cuál es la técnica de la que se habla.
2. Qué es lo que se comenta al respecto, menciona hechos como dónde ocurrió y que fue lo que paso.
3. Da tu opinión, estás de acuerdo, o no y porque.
4. Discute al respecto con tus amigos.

A) Fragmento de nota tomada de animal político ¿Tus alimentos tienen transgénicos? En México no existe ninguna ley que te lo diga por Rosi Amerena, Juan Mayorga y Rodrigo Pérez Ortega

Ninguna ley obliga a las empresas productoras de alimentos a informar a los consumidores si sus productos contienen transgénicos.

Una propuesta de ley para informar sobre estos contenidos en las etiquetas de productos comerciales se encuentra congelada en el Congreso, prolongando el vacío legal que permite que los mexicanos coman transgénicos sin saberlo.

El 9 de febrero de 2016 fue presentada en la cámara de Diputados la iniciativa de Ley para el Etiquetado de Alimentos de la Categoría Orgánicos y Transgénicos, pero ha sido ignorada hasta la fecha por los grupos del PRI, PVEM y Nueva Alianza, dijo en estrenista uno de los promotores de la iniciativa, el diputado por Movimiento Ciudadano, Víctor Manuel Sánchez Orozco.

Recuperado d <http://www.animalpolitico.com/2017/10/alimentos-transgenicos-mexico-ley/>

B) Fragmento de nota tomado de el periódico el País con el título Resucitar rinocerontes cuando los siguen matando por miles por Javier Salas

Se trata de usar material genético de rinocerontes ya fallecidos para traerlos de nuevo al mundo. Primero, hormonarán a *Fatu* y a *Najin* para extraer sus óvulos; estas dos hembras ya no pueden engendrar, una por edad y la otra —su hija— por problemas de útero. Luego, lo fecundarían con esperma de otros machos muertos que todavía se conserva e intentarían que hembras de la subespecie del sur llevaran a término el embarazo. Nunca se ha conseguido un embarazo in vitro en rinocerontes, por lo que tienen listo un plan B en el que usarían células madre a partir del tejido de estos animales muertos para crear embriones viables. Y así, devolver a la especie al mundo de los vivos...

¿Tiene sentido hacerlo? ¿Puede la ingeniería genética combatir problemas ecológicos de primer orden como la provechosa caza furtiva, que hoy mata a tres rinocerontes al día? "Creo que tenemos que comprometernos para evitar la extinción", responde Oliver Ryder, director de genética del Zoo de San Diego y uno de los principales impulsores del proyecto. En aquel

zoo vivía el rinoceronte *Nola*, que murió en noviembre dejando a más sus tres congéneres.

Recuperado de [https://elpais.com/elpais/2016/05/16/ciencia/1463356128\\_813187.html](https://elpais.com/elpais/2016/05/16/ciencia/1463356128_813187.html)

## *Autoevaluación*

**Instrucción.** Lee los enunciados y coloca en el paréntesis la respuesta del mismo.

1. ¿Cuál rama de la genética se ocupa de cómo los genes controlan el desarrollo de los organismos vivos?.....( )

- A. Clásica
- B. Cuantitativa
- C. Molecular
- D. Manipulación

2. ¿Qué es la ingeniería genética? .....( )

- A. Edición molecular del material genético de los organismos vivos
- B. Utilización de genes para servicios específicos
- C. Manejo de enzimas para controlar los genes
- D. Es como hacer seres vivos

3. ¿Qué es un transgénico? .....( )

- A. Alimento modificado
- B. Organismo que recibe material genético de otro organismo
- C. Organismo que no es natural
- D. Alimento que me puede hacer daño

Respuestas  
1(D), 2(A), 3(B)

## *Fuentes de consulta para estudiantes*

### **Bibliografía**

- Alonso, E., (2003), *Biología, un enfoque integrador*, México, Mc Graw Hill.
- Audesirk, T., (2003), *Biología 1. Unidad en la diversidad*. México, Prentice Hall
- Curtis, H., Barnes, S., Shenk A. y Flores, G., (2007), *Invitación a la Biología*, Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana.
- Curtis H., Barnes N. S., Schnek A. y Massarini A., (2011), *Biología*, España, Editorial medica Panamericana.
- Jiménez, Luis Felipe *et. al.*, (2006), *Conocimientos Fundamentales de Biología*, México, Pearson.
- Campbell, A., M. Lawrence y J. Reece, (2001), *Biología, Conceptos y relaciones*, México, Pearson Educación.
- Campbell, A., *et al.*, (2007), *Biología*, España, Editorial Médica Panamericana.
- Oram, R., (2007), *Biología. Sistemas vivos*, México, McGraw–Hill / Interamericana.
- Sadava, David, Graig Heller, Gorden Orians, Willians Purves y David Hillis (2009). *Vida. La ciencia de la biología*. México: Editorial Médica Panamericana.
- Solomon, E., L. Berg y D. Martin, (2008), *Biología*, México, Mc Graw Hill / Interamericana.
- Star, C. y R. Taggart, (2004), *Biología: La unidad y diversidad de la vida*, México, Thomson.

### **Cibergrafía**

- <https://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia1/unidad3/manipulacionGen1>.
- <http://www.elfinanciero.com.mx/tech/asi-va-el-debate-de-la-manipulacion-genetica-del-adn-humano.html>
- <http://uvigen.fcien.edu.uy/utem/herramgen/recomb.pdf>
- <http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esobiologia/4quincena8/pdf/quincena8.pdf>
- [http://www.biologia.edu.ar/reproduccion/indic\\_reproducc.htm](http://www.biologia.edu.ar/reproduccion/indic_reproducc.htm)
- <https://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia1/unidad2/reproduccionSexualAsexual>
- <https://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia1/herenciaMendeliana>
- <https://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia1/unidad3/ingenieriagenetica/herenciaNoMendeliana/>
- [https://elpais.com/elpais/2017/07/05/actualidad/1499243701\\_682626.html](https://elpais.com/elpais/2017/07/05/actualidad/1499243701_682626.html)
- [https://elpais.com/elpais/2016/07/21/ciencia/1469123162\\_412249.html](https://elpais.com/elpais/2016/07/21/ciencia/1469123162_412249.html)

<b>Videos</b>	<b>Duración</b>
Niveles de organización de la materia. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=KCa4rR3u9Jo">https://www.youtube.com/watch?v=KCa4rR3u9Jo</a>	6:27
Niveles de organización de la materia <a href="https://www.youtube.com/watch?v=OYs36eP4sV0">https://www.youtube.com/watch?v=OYs36eP4sV0</a>	4:37
Niveles de organización <a href="https://www.youtube.com/watch?v=Hg9wIJsa7rA&amp;t=32s">https://www.youtube.com/watch?v=Hg9wIJsa7rA&amp;t=32s</a>	9:30

### **Películas y documentales**

El mundo según monsanto (2013) documental  
GATACA (1997)  
Los niños del brasil (1978)  
Ghost in the shell (1995)  
La isla (2005)

# *A n e x o*

---

**Consulta para profesores**

**TABLA DE ESPECIFICACIONES PARA EL PROGRAMA DE BIOLOGÍA 1  
SEGUNDA UNIDAD**

**TÍTULO DE LA UNIDAD. ¿CUÁL ES LA UNIDAD ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL Y DE LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS?**

**PROPÓSITO:** Al finalizar, el alumno identificará las estructuras y componentes celulares a través del análisis de la teoría celular para que reconozca a la célula como la unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos.

**Tiempo: 35 horas**

APRENDIZAJES		Nivel cognitivo <sup>12</sup>			Temática	Conceptos clave <sup>13</sup>	Tiempo (horas) <sup>14</sup>	Reactivos <sup>15</sup> (%)
Conceptuales	Procedimentales y actitudinales	1	2	3				
Reconoce que la formulación de la Teoría celular es producto de un proceso de investigación científica y del desarrollo de la microscopía.	Aplica habilidades para recopilar, organizar, analizar y sintetizar la información proveniente de diferentes fuentes confiables que coadyuven en la comprensión de la biología como ciencia.	1, 3			<b>1. Teoría celular</b>  Construcción de la Teoría celular, sus principales aportaciones y postulados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teoría celular</li> <li>• Microscopio</li> <li>• Célula</li> </ul>	5	8.5
Identifica a las biomoléculas como componentes químicos de la célula.	Interactúa de manera propositiva y proactiva con otros compañeros  Muestra actitudes favorables hacia la ciencia y sus productos.	1, 3			<b>2. Estructura y función celular</b>  Moléculas presentes en las células: carbohidratos o glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monómero</li> <li>• Polímero</li> <li>• Biomolécula</li> <li>• Carbohidratos</li> <li>• Lípidos</li> <li>• Proteínas</li> <li>• Ácidos nucleicos</li> </ul>	4	6.8
Describe las semejanzas y diferencias estructurales entre las		1, 3			Estructuras de las células procariota y eucariota.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Célula, estructura y función</li> <li>• Endomembranas</li> </ul>	2	3.4

<sup>12</sup> 1=Conocimiento. 2=Comprensión. 3=Aplicación

<sup>13</sup> Propuestos por el docente responsable

<sup>14</sup> Sugeridas por el docente responsable

<sup>15</sup> Exámenes para la unidad: 2. Reactivos totales por examen: 30. Reactivos totales por unidad 60

células procariontas y eucariotas.	Desarrolla hábitos y técnicas de estudio y administra su tiempo.			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compartimentalización celular</li> <li>• Composición química de la célula</li> </ul>		
Describe los componentes de la membrana celular y los tipos de transporte y regulación a través de ella.	Aplica habilidades, actitudes y valores en la realización de investigaciones escolares, sobre alguno de los temas o situación cotidiana relacionada con los contenidos del curso.	1, 3	La célula y su entorno.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Membrana plasmática</li> <li>• Transporte pasivo</li> <li>• Transporte activo</li> <li>• Endocitosis</li> <li>• Exocitosis</li> </ul>	4	6.8
Identifica que el citoesqueleto, cilios y flagelos son componentes celulares que proporcionan forma y movimiento.		1, 3	Forma y movimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Citoesqueleto,</li> <li>• Cilios</li> <li>• Flagelos</li> </ul>	2	3.4
Reconoce a la mitocondria y el cloroplasto como los principales organelos encargados de la transformación energética.		1, 3	Transformación de energía.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitocondria</li> <li>• Cloroplasto</li> <li>• Energía</li> <li>• Metabolismo</li> <li>• Fotosíntesis</li> <li>• Respiración celular</li> <li>• Fermentación</li> <li>• Transformación energética</li> <li>• Transformación de materia</li> </ul>	6	10.2
Relaciona el tránsito de moléculas con el sistema de endomembranas a partir de la información genética		2, 3	Flujo de información genética.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Replicación del DNA</li> <li>• Tipos de RNA: RNAm, RNAt, RNAr</li> <li>• Trascrición</li> <li>• Traducción o síntesis de proteínas</li> </ul>	6	10.2

<p>contenida en la célula.</p>				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código genético.</li> <li>• Retículo endoplásmico rugoso</li> <li>• Retículo endoplásmico liso</li> <li>• Complejo de Golgi</li> <li>• Maduración proteica</li> <li>• Vesículas de secreción</li> <li>• Ribosoma</li> <li>• Lisosoma</li> </ul>		
<p>Identifica a la mitosis como parte del ciclo celular y como proceso de división celular.</p>		<p>2, 3</p>	<p>3. Continuidad de la célula</p> <p>Ciclo celular: mitosis</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etapas del ciclo celular</li> <li>• Células somáticas</li> <li>• División celular</li> <li>• Etapas de la mitosis</li> <li>• Cariocinesis</li> <li>• Citocinesis</li> </ul>	<p>6</p>	<p>10.2</p>

**TABLA DE ESPECIFICACIONES PARA EL PROGRAMA DE BIOLOGÍA I**

**Título de la Unidad 3. ¿Cómo se transmiten los caracteres hereditarios y se modifica la información genética?**

**Propósito: Al finalizar, el alumno:**

Identificará los mecanismos de transmisión y modificación de la información genética, como responsables de la continuidad y cambio en los sistemas biológicos, para que comprenda su importancia biológica y evolutiva.

**Tiempo total 35 horas**

APRENDIZAJES	Temática	Conceptos clave	Dimensiones de la Taxonomía		Tiempo (horas)	
			Tipo de Dominio de conocimiento (Según Marzano)	Nivel en el Sistema de pensamiento (Según Marzano)		
Explica la meiosis como un proceso que antecede a la reproducción sexual y produce células genéticamente diferentes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplica habilidades para recopilar, organizar, analizar y sintetizar la información confiable proveniente de diferentes fuentes que contribuyan a la comprensión de la reproducción, transmisión y modificación de la información genética.</li> </ul>	<p><b>1. Reproducción</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meiosis y gametogénesis</li> </ul>	<p>Cinetocoro Células germinales Huso Centriolo Célula Diploide Célula haploide, cromosoma</p>	Información	Comprensión	5
Compara diferentes tipos de reproducción asexual y sexual, tanto en procariotas como en eucariotas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realiza investigaciones en las que aplique conocimientos y habilidades, al fomentar actividades con</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel individuo</li> </ul>	<p>Célula Bacteria Células somáticas Células germinales Polen Óvulos Espermatozoides Una célula (asexual) Dos células (sexual) Reproducción Células clonales</p>	Procedimiento mental	Análisis	5

	las características del trabajo científico y comunica de forma oral y escrita los resultados empleando un vocabulario científico.		Mitosis Meiosis Cromosoma eucarionte Unicelular Pluricelular Especies dioicas, fecundación, Cigoto			
Reconoce las leyes de Mendel como la base de la explicación de la herencia en los sistemas biológicos	•Aplica habilidades, actitudes y valores en la realización de investigaciones escolares, sobre alguno de los temas o situación cotidiana relacionada con los contenidos del curso.	<b>2. Herencia</b> Herencia mendeliana.	Gen Alelo Carácter dominante Carácter recesivo Homocigoto Heterocigoto o híbrido	Procedimiento mental	Conocimiento, recuerdo	5
Distingue a la herencia ligada al sexo y la codominancia como otros modelos de relación entre cromosomas y genes.		Variantes de la herencia mendeliana.	Codominancia Herencia ligada al sexo Heterocigoto o híbrido	Procedimiento mental	análisis	5
Distingue a la teoría cromosómica de la herencia como la explicación en la transmisión de los caracteres.		Teoría cromosómica de la herencia.	ADN Cromosoma Cariotipo Gen	Procedimiento mental	análisis	5
Aprueba que las mutaciones son fuente de cambio		Mutación y cambio genético	DNA Gen Alelo	Procedimiento mental	Conocimiento, recuerdo	5

en los sistemas biológicos.			código genético			
Reconoce las implicaciones biológicas y éticas de la manipulación del material genético.		Manipulación del DNA.	Biotecnología clonación, organismos transgénicos	Procedimiento mental	Conocimiento, recuerdo	5