

MGTER. ANDREA VIDELA - DRA. JORGELINA DARUICH

Guía de Estudio
Introducción a la Biología
2025
LICENCIATURA EN NUTRICIÓN FCS - UNSL



Guía de estudio Introducción a la biología: licenciatura en nutrición / Andrea Videla; Jorgelina Daruich - 1a ed. - San Luis: Nueva Editorial Universitaria - UNSL, 2025.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-733-440-1

1. Biología. I. Daruich, Jorgelina II. Título
CDD 570.71

Universidad Nacional de San Luis

Rector: CPN Víctor A. Moriñigo
Vicerrector: Mg. Héctor Flores

Nueva Editorial Universitaria

Avda. Ejército de los Andes 950
Tel. (+54) 0266-4424027 Int. 5197
www.neu.unsl.edu.ar
E mail: unslneu@gmail.com

Coordinador General:

Esp. Mariano Pérez

Director Administrativo

Tec. Omar Quinteros

Administración:

Esp. Daniel Becerra

Dpto. de Impresiones:

Sr. Sandro Gil

Dpto. de Diseño:

Tec. Enrique Silvage
DG Nora Aguirre Reyes

GUÍA ELABORADA POR:

VIDELA ANDREA MONICA (UNSL)
DARUICH GRISELDA JORGELINA (UNSL)

CORREGIDA POR:

Nadia Liz ZULOAGA (FCS)
Melanie VICENS (FCS)

ISBN 978-987-733-440-1

© 2025 Nueva Editorial Universitaria
Avda. Ejército de los Andes 950 - 5700 San Luis

Prohibida la reproducción total o parcial de este material sin permiso expreso de NEU



Prólogo

¡Bienvenidos a la UNSL!

Esperamos que disfruten este ingreso a la Universidad. Y que terminen esta asignatura llenos de conocimientos útiles para transitar de modo apacible los restantes años de estudio universitario.

En Biología emprenderemos un recorrido en donde abordaremos conceptos básicos que deben aprender para después ir profundizándolos en las asignaturas correlativas de sus carreras. La Biología es una disciplina científica apasionante, que se relaciona profundamente con las carreras que han elegido. A través de ella podremos encontrar algunas respuestas a preguntas que seguramente todos se han hecho ¿Qué es un ser vivo? ¿Cómo se reproducen los organismos? ¿Qué es una proteína y cuáles son sus funciones? ¿Qué composición tienen los alimentos que consumo? ¿Cómo afecta la acidez de los alimentos a mis cuerdas vocales?

Además comenzarán a incorporar vocabulario biológico que les permitirá expresarse como todo un profesional de las ciencias biológicas en el futuro.

Esta Guía de Estudio está formulada para que ustedes tengan contenido teórico junto con actividades prácticas que buscan fomentar el pensamiento crítico y les permitirán “aprehender” conceptos biológicos importantes. NO obstante, esta guía es un resumen de otros materiales didácticos que hemos realizado para acercarlos al conocimiento, el cual encontrarán de forma más completa en el libro que recomendamos para consultar y estudiar (Audesirk, Teresa; Audesirk, Gerald; Byers, Bruce E. (2013). Biología. La vida en la Tierra. Con fisiología. 9°Ed. Pearson Educación de México, S.A de C.V., México. ISBN: 978-607-32-1526-8.). Además, recuerden que van a contar con clases teóricas que los ayudarán a iniciarse en el estudio de una carrera universitaria, con todas sus exigencias, desafíos y logros que acompañan el hecho de “ser estudiante” y les permitirá conocer compañeros que luego se convertirán en amigos y también empezar a conocer a sus docentes. Esperamos que este material didáctico contribuya a aumentar sus saberes biológicos y que sea el inicio de un fructífero camino en el transitar la universidad a lo largo de estos años.

Jorgelina y Andrea

TEMA 1

CARACTERÍSTICAS DE LOS SERES VIVOS

Tema 1. La biología como ciencia. Conocimiento científico. Características generales que definen a un ser vivo: Niveles de organización. Propiedades emergentes. Metabolismo. Desarrollo y crecimiento. Movimiento. Homeóstasis. Excitabilidad. Reproducción. Adaptación.

La vida transcurre como un presente en continuo cambio y al ser humano siempre le ha interesado comprender cómo ocurren los fenómenos del ambiente, cómo son los seres vivos, qué le sucede a nuestro cuerpo cuando nos enfermamos, cómo obtener y mejorar los alimentos que consumimos, cómo funciona nuestro cerebro, entre otros interrogantes. Estas son también preguntas que se hacen los biólogos en sus laboratorios, oficinas, institutos de investigación, en el campo, en la fila del subte o cuando viajan en el colectivo. Los antropólogos, epistemólogos y los sociólogos e historiadores de la ciencia se ocupan de estudiar cómo trabaja un biólogo, qué actividades realiza y cuáles son las características de la biología como un aspecto de la cultura humana.

OBJETIVOS:

- Comprender la biología como una disciplina unificadora en relación al estudio de los seres vivos.
- Analizar las propiedades que caracterizan a los seres vivos.
- Entender las relaciones que se establecen entre las diferentes características de los seres vivos.
- Incorporar distintos conceptos biológicos que ayudan a definir a un organismo vivo.

BIOLOGÍA, CIENCIA DE LA VIDA

La Biología es la ciencia de la vida (bios = vida y logos= tratado o estudio), que se dedica al estudio de los seres vivos y todo lo que con ellos se relaciona. El campo de estudio de la Biología es muy extenso, y debido al constante avance de la ciencia, sus fronteras se desplazan cada vez más. Anteriormente la Biología casi se restringía al estudio de las características morfo-fisiológicas de los seres vivos, pero a partir del nacimiento de la biología molecular, ahora conocemos las características químico-moleculares de la materia viva, y se han ido aclarando progresivamente algunos de muchos interrogantes, como el conocimiento a nivel molecular de la genética, aunque muchos aún persisten, basta mencionar el apasionante problema del origen de la vida en la Tierra (y las posibilidades de vida en otros planetas). El término ciencia proviene de un vocablo latino que significa "saber" o "conocer". La ciencia es una forma de pensar y un método para investigar de manera sistemática el mundo que nos rodea. La ciencia

nos permite descubrir aún más acerca del mundo en que vivimos y ampliar nuestra apreciación del Universo. La importancia del estudio de la biología reside en que los conocimientos biológicos tienen aplicación en numerosas actividades humanas como, por ejemplo: la acción de las vacunas, el beneficio de practicar algún deporte, la importancia de la buena alimentación, el mecanismo de la herencia, el problema de la contaminación, ente otros.

La biología construye modelos Los científicos que estudian los seres vivos, el ambiente y sus interacciones construyen modelos que nos ayudan a comprender cómo son y cómo funcionan los seres vivos, hoy y en el pasado. La palabra **modelo** puede interpretarse de distintas maneras, pero en este caso la pensamos como la representación abstracta de un objeto o fenómeno que se parece a otro que es más conocido. Si pensamos los modelos como mapas, podemos comprenderlos más fácilmente. Los mapas son representaciones del espacio, que no son su copia exacta, pero nos dan información. Algunos mapas son actuales; otros, antiguos, y otros, temáticos; pero no se puede decir que un mapa es mejor que otro. Su calidad depende de cómo y para qué los usamos. Los modelos científicos, en biología, son creaciones de los científicos, que incluyen un conjunto de conocimientos que permiten caracterizar y conocer un recorte del mundo natural. El modelo de la célula nos permite comprender cómo son las células y cómo funcionan; el modelo de un ecosistema nos muestra las interacciones de las poblaciones entre sí y con el ambiente. Otros modelos nos permiten comprender cómo se originó la vida en el planeta Tierra, de qué forma evolucionaron algunos grupos de seres vivos o por qué se extinguieron.

LOS SERES VIVOS SON SISTEMAS ABIERTOS Y COMPLEJOS

La palabra sistema se emplea con frecuencia en la actualidad. Un sistema es un todo organizado. Un sistema real es una entidad material (con una extensión limitada en espacio y tiempo) formada por partes organizadas, sus componentes, que interactúan entre sí de manera que las propiedades del conjunto, sin contradecirlas, no pueden deducirse por completo de las propiedades de las partes. Tales propiedades se denominan **propiedades emergentes**. Por otro lado, existe mayor cantidad de correlaciones y correlaciones más fuertes entre una parte del sistema y otra, que entre esta parte del sistema y partes fuera del sistema.

Podemos generalizar diciendo que un sistema está integrado por:

- Elementos, o partes que lo componen, y
- Estructura, la red de interacciones entre los elementos.

Se puede clasificar a los sistemas en:

- **Sistemas abiertos:** son los más comunes. Este tipo de sistema tiene intercambio de materia y energía con el exterior. Un ejemplo: automóvil (entra combustible, aceite, aire. Salen gases de escape, desechos, se produce energía).
- **Sistemas cerrados:** en este sistema sólo hay intercambio energético con el exterior. No hay intercambio de masa.

Teniendo en cuenta esta clasificación, podríamos decir que todos los seres vivos son sistemas abiertos, ya que intercambian materia y energía con el exterior. Comenzaremos nuestro viaje por la biología tratando de comprender la complejidad de un organismo vivo.

¿QUÉ ES UN ORGANISMO VIVO?

Un organismo vivo es, básicamente, material físicoquímico que exhibe un alto grado de complejidad, puede autorregularse, posee metabolismo y se perpetúa a sí mismo a través del tiempo. Sin embargo, cuando observamos la naturaleza, una de las primeras impresiones que recibimos es que ningún organismo vive aislado de su entorno. Todos se relacionan de un modo más o menos notable con el resto de los elementos que los rodean, sean éstos del ambiente físico o del entorno biológico.

Para muchos biólogos la vida es una fase arbitraria en la creciente complejidad de la materia, sin una línea divisoria precisa entre lo vivo y lo no vivo. Por ello nos resulta más fácil definir a un organismo vivo que a la vida en sí misma. La sustancia viva está compuesta por un conjunto perfectamente estructurado de macromoléculas: proteínas, lípidos, ácidos nucleicos y carbohidratos, así como por moléculas orgánicas e inorgánicas más pequeñas. Un organismo vivo ha desarrollado mecanismos reguladores e interactúa con el medio para mantener su integridad estructural y funcional. Todas las relaciones que ocurren dentro de una unidad viviente particular constituyen su **metabolismo**. En la regulación de dichas reacciones internas y para la producción de nuevas unidades vivientes, estos organismos emplean moléculas especiales que con- tienen información.

Como señalamos anteriormente, los seres vivos no pueden definirse como la simple suma de sus partes. Ésta es una de las razones por las que es imposible definir la vida de manera simple. Un buen primer paso, sin embargo, podría ser intentar comprender algunas de las características más importantes de los seres vivos. Estas características pueden analizarse desde tres puntos de vista: el físicoquímico, el organizativo y el funcional.

Características de los seres vivos

1. **METABOLISMO:** Desde el **punto de vista físicoquímico**, los seres vivos, como la mayoría de los sistemas del universo, intercambian materia y energía tanto de entrada, como de salida, con los otros sistemas (vivos y no vivos). Un físico termodinámico, cuya especialidad es analizar las conversiones e intercambios de energía, diría que un ser vivo es un sistema abierto.

El alto grado de complejidad de los seres vivos, la necesidad de realizar trabajo (crecer, desplazarse, reproducirse, por citar unos pocos ejemplos) requiere el suministro constante de alimentos, que son átomos y moléculas que adquieren del aire, del agua, del suelo, o de otros seres vivos. Relacionado con su forma de alimentación, tradicionalmente clasificamos a los organismos en autótrofos y heterótrofos. Los autótrofos son aquellos capaces de elaborar sustancias orgánicas (por ejemplo, glucosa, almidón) a partir de sustancias inorgánicas (por ejemplo agua, dióxido de carbono y sales) mediante complejos mecanismos metabólicos. Así, elaboran todas las moléculas necesarias para formar su estructura, crecer y reproducirse. La fuente de energía que utilizan en estos procesos puede variar: se denominan organismos fotótrofos a aquellos capaces de utilizar energía luminosa (plantas, algas y algunas bacterias) y quimiótrofos a los que utilizan energía química (ej. bacterias nitrificantes). Los heterótrofos, en cambio, necesitan de materiales inorgánicos y orgánicos ya elaborados por otros seres vivos (la mayoría de las bacterias, protozoos, hongos y animales). En los heterótrofos, luego de complejos procesos de degradación y simplificación del alimento, algunos átomos y moléculas pasan a formar parte del organismo y son utilizados en su crecimiento y reparación de tejidos, así como para obtener energía que utilizan para desarrollar todas sus funciones vitales.

La suma de todas las reacciones químicas necesarias para mantener la vida se llama **metabolismo** (Figura 1).

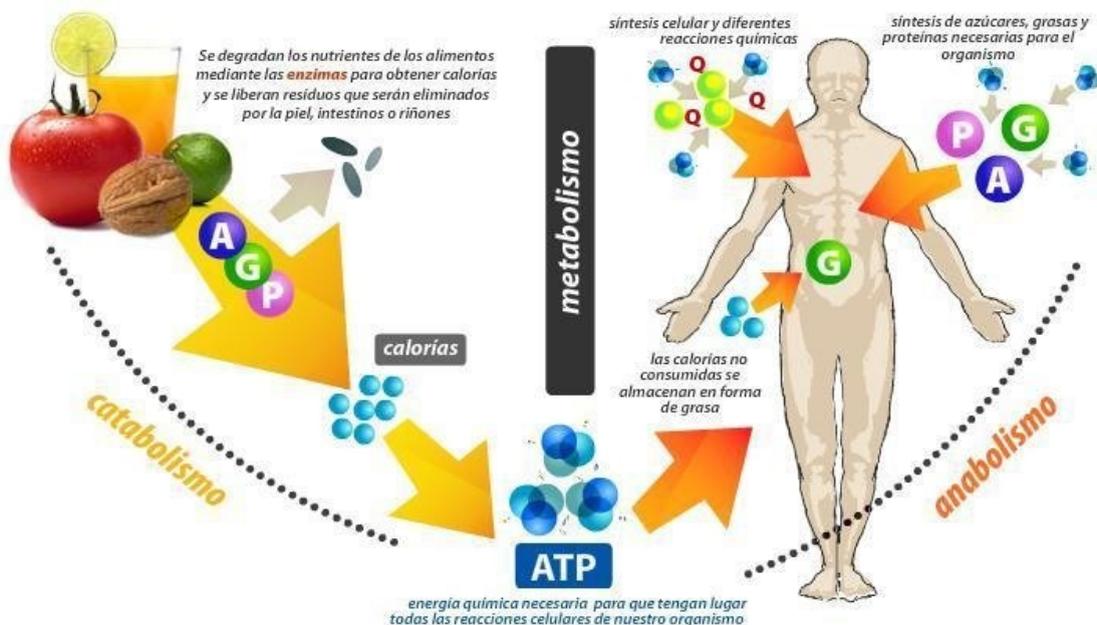


Figura 1: Ejemplificación del metabolismo en el ser humano a través de la degradación de alimentos para obtener nutrientes para elaborar biomoléculas propias de los distintos tipos celulares. Imagen extraída de:

<https://tuaulavirtual.educatic.unam.mx/mod/book/view.php?id=271295&chapterid=25901>

2. ORGANIZACIÓN JERARQUICA EN NIVELES. Desde el **punto de vista organizativo**, los seres vivos presentan una organización material jerárquica, que se inicia a partir de la posesión de moléculas

orgánicas particulares (lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, glúcidos) y va adquiriendo mayor complejidad por agregación.

Todos los organismos están compuestos por sustancias llamadas elementos, cada uno de los cuales tiene un único tipo de materia. Un átomo es la partícula más pequeña de un elemento que conserva las propiedades de éste. Los átomos pueden combinarse de diferentes maneras para formar estructuras llamadas moléculas. Por ejemplo, un átomo de oxígeno puede combinarse con dos de hidrógeno para formar una molécula de agua. El agua, el dióxido de carbono, el metano, el amoníaco, son moléculas inorgánicas, relativamente simples. Las moléculas simples o complejas, elaboradas por los organismos reciben el nombre de moléculas orgánicas. Están formadas por un esqueleto de átomos de carbono, al que se unen átomos de hidrógeno, oxígeno y otros elementos, en menor proporción.

Si bien la disposición e interacción entre los átomos y las moléculas constituyen la base química de la vida, la cualidad de la vida surge en el nivel de **célula**. Así como un átomo es la unidad más pequeña de un elemento, la célula es la unidad más pequeña de vida.

Los niveles de organización siguen un orden jerárquico que va de menor a mayor complejidad y que posee requerimientos energéticos crecientes. En la materia viva existen varios grados de complejidad que se ven expresados en la diversidad de formas vivientes y sus asociaciones (Figura 2).

Niveles químicos

Son los niveles más básicos de organización de la materia, e incluyen: las partículas subatómicas, los átomos, las moléculas, las macromoléculas y los complejos macromoleculares:

- **Partículas subatómicas.** Son los protones, neutrones y electrones.
- **Átomo.** Es la unidad mínima de un elemento químico. Ejemplos: Sodio (Na), C (carbono), O (oxígeno), K (potasio), H (hidrógeno).
- **Molécula.** Conjunto de átomos que se combinan químicamente. Ejemplos: O₂ (molécula de oxígeno), H₂ (molécula de hidrogeno), CO₂ (dióxido de carbono), H₂O (agua).
- **Macromolécula.** Molécula de gran tamaño (alto peso molecular). Ejemplos: proteínas, ácidos nucleicos, polisacáridos.
- **Complejo macromolecular.** Agregado de macromoléculas que cumplen una función específica. Ejemplos: mitocondrias, cloroplastos, núcleo, membrana plasmática.

Niveles biológicos

Comprenden las células, los tejidos, los órganos, los sistemas de órganos y al organismo:

- **Célula.** Unidad estructural y funcional de todos los seres vivos, es el primer nivel que posee vida. Se han descrito dos tipos de organizaciones celulares, la célula procariota y la célula eucariota. Es importante tener en cuenta que hay organismos unicelulares que sólo llegan a este nivel de organización, por ejemplo, las bacterias (organismos procariotas unicelulares), los protozoos y las levaduras

(organismos eucariotas unicelulares). Dentro de las células eucariotas podemos encontrar distintos tipos: células nerviosas, sanguíneas, epiteliales etc.

- **Tejidos.** En la mayoría de los organismos pluricelulares, las células se organizan en tejidos que llevan a cabo funciones particulares. En animales podemos nombrar: tejido nervioso, sanguíneo, epitelial. En vegetales, tejido meristemático, tejido conductor, entre otros. Existen organismos pluricelulares que llegan sólo a este nivel de organización, como por ejemplo los celenterados (medusas, anémonas de mar, corales, hidra).
- **Órganos.** Están formados por un conjunto de tejidos, que agrupados cumplen una función específica. En animales: hueso, estómago, hígado, pulmón, etc. En vegetales: hoja, flor, raíz, etc.
- **Sistemas de órganos.** Están constituidos por conjuntos de órganos y tejidos. Los sistemas de órganos trabajan en forma integrada y desempeñan una función particular, por ejemplo, en animales el sistema nervioso o el sistema óseo, y en vegetales el sistema radicular y el sistema caulinar.
- **Organismos.** Existen organismos unicelulares y pluricelulares; la diferencia entre ellos reside en el nivel de organización que alcanzan. Un organismo pluricelular está constituido por distintos sistemas de órganos que funcionan juntos de manera coordinada y con gran precisión.

Niveles ecológicos

Cuando los organismos interactúan entre sí y con el medio ambiente, surgen niveles de organización más complejos:

Población. Es el conjunto de individuos de la misma especie, que habitan en una misma zona y en un momento determinado.

Comunidad. Conformada por diferentes poblaciones que interactúan entre sí y que habitan en un ambiente común y en un tiempo determinado. Constituyen los componentes bióticos de los ecosistemas.

Ecosistema. Comunidad de seres vivos, en interacción con componentes y factores abióticos. En un ecosistema, fluye la energía y circula la materia. Puede ser tan pequeño como un estanque o tan grande como las praderas. El mayor ecosistema es el planeta Tierra.

Biosfera. Agrupa todas las formas de vida en el planeta Tierra, desde la superficie continental, 10 km hacia arriba y desde la superficie 10 km hacia el fondo marino en océano y ecosistemas acuáticos.

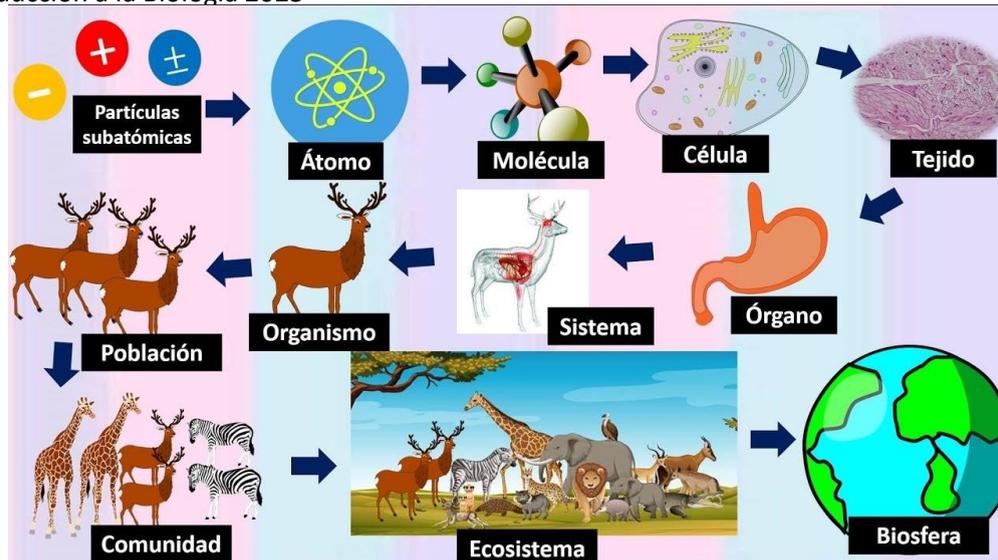


Figura 2: Niveles de organización de la materia. A partir de célula, se encuentra la propiedad emergente más fascinante de todas, la VIDA. Imagen extraída de: <https://www.youtube.com/watch?v=6yQHINrPJqI> (pueden ver este video, presenta animación que les facilitará la comprensión del tema).

3. **HOMEOSTASIS.** Desde el **punto de vista funcional**, los seres vivos mantienen su estructura y su intercambio con el medio estableciendo una serie de procesos dinámicos. Estos se caracterizan, en cada momento, por la constancia de los parámetros físicos, químicos, organizativos, etc. Debe tenerse en cuenta que el ambiente cambia permanentemente y que la materia y la energía pasan en forma constante a través del sistema vivo.

Cuando pensamos en una célula capaz de observarse a simple vista, inmediatamente lo asociamos con un huevo. Imaginemos un huevo sometido a altas temperaturas..., sus proteínas cambian o coagulan y lo hacen de manera irreversible; el huevo se ha cocinado y no volverá a su estado anterior. De la misma forma las células mantienen sus características y su capacidad de funcionamiento dentro de ciertas temperaturas; por debajo o por encima de ellas su funcionamiento se ve alterado. Lo mismo ocurre con otros factores que conforman el medio en el cual "habitan" las células. El agua, las sales, los tóxicos, los nutrientes, el pH, deben mantener ciertos niveles y fluctuar dentro de ciertos límites muy acotados para que la vida de las células sea posible. Esta "constancia del medio interno" fue llamada por Walter Cannon (1871-1945) homeostasia u homeostasis. Pueden ver el siguiente video corto en el enlace a continuación en donde se presenta la homeostasis con ejemplos claros y sencillos: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=A4IuV2otuPM>

(Nota: Habla el video de un dragón que es un reptil no un ser mitológico!)

4. **REPRODUCCION:** La reproducción es el proceso por el cual los seres vivos (unicelulares o pluricelulares) producen nuevos individuos, lo que permite la perpetuidad de las especies. Sustituye a

los organismos que mueren por causa de vejez, enfermedades, por acción de otros seres vivos o por fenómenos naturales.

(Figura 5).

Tipos de reproducción:

- **Reproducción asexual**

Un solo progenitor da origen a dos o más descendientes genéticamente idénticos a él (excepto por los posibles cambios en el ADN, es decir, mutaciones, que puedan ocurrir). Todos los organismos que deriven de un mismo progenitor van a poseer el mismo genoma y van a ser clones de ese individuo. Este tipo de reproducción se observa en organismos procariotas, algunos protistas, en varios grupos de animales invertebrados y en muchas especies de vegetales. Las ventajas de este tipo de reproducción son: la rapidez, que se requiere de un solo individuo y que tiene un costo energético menor comparada con la reproducción sexual.

Existen varias formas de reproducción asexual entre las que podemos citar (Figura 4.1):

- **Fisión binaria.** Es el proceso por el cual una célula se divide en otras dos semejantes. Ocurre en las bacterias. Primero se duplica el ADN bacteriano circular y después se forma una pared transversa por crecimiento interno de la membrana plasmática y la pared celular.
- **Fisión múltiple.** En este caso el material genético se duplica varias veces antes de la partición del citoplasma, originando numerosas células hijas. Algunos ejemplos son: en procariotas *Clostridium botulinum*.
- **Gemación.** Consiste en la formación de una protuberancia o yema en el individuo progenitor, que puede separarse y desarrollar un nuevo individuo (por ejemplo, en las levaduras).

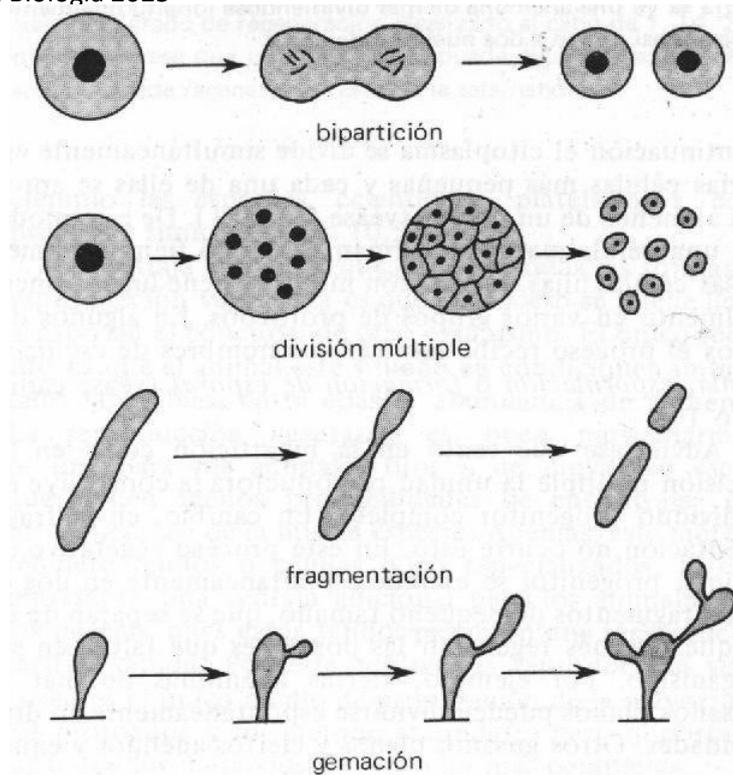


Figura 4.1: Tipos de reproducción asexual. Imagen extraída de: <https://fcen.uncuyo.edu.ar/catedras/clase-2reproduccion.pdf>

Las plantas con flores pueden reproducirse en forma asexual a través de órganos modificados (Figura 4.2):

Rizoma. Tallo subterráneo carnoso horizontal, ramificado, que almacena almidón y presenta yemas de las que surgen nuevas plantas (lirio, bambú y otras gramíneas).

Tubérculo. Tallo subterráneo que almacena almidón, capaz de generar una nueva planta ya que presenta yemas laterales (papa, remolacha).

Bulbo. Tallo acortado esférico cubierto de hojas carnosas de almacenamiento. Hacia el interior del bulbo se encuentran capas germinativas que formarán bulbos hijos que darán lugar a plantas independientes (tulipán, cebolla, ajo).

Estolones. Tallos horizontales que se ubican sobre el suelo y presentan yemas de las que se originan nuevas plantas que enraízan (frutilla).



Figura 4.2: Distintos tipos de reproducción asexual en plantas. Imagen extraída de: <https://www.lucaedu.com/reproduccion-de-las-plantas/>

- **Reproducción sexual**

Intervienen dos células especializadas, denominadas células sexuales o gametos, e implica dos procesos: meiosis y fecundación (Figura 5).

La meiosis es un tipo especial de división celular en la que las células germinales (ovogonias, espermatogonias) reducen la cantidad de material genético a la mitad, y se obtienen células hijas denominadas gametos. Durante la meiosis hay intercambio de información genética entre los cromosomas provenientes de los progenitores, de modo que cada célula hija resultante tiene una combinación nueva de genes.

La fecundación es un proceso en donde los gametos se fusionan en una sola célula que recibe el nombre de célula huevo o cigoto, y en la que se recompone la cantidad de material genético de la especie, pero con una composición genética diferente a la de sus progenitores. Esta es la principal ventaja de la reproducción sexual, la variabilidad genética. La desventaja que posee con respecto a la reproducción asexual es el alto costo energético que se requiere para llevar a cabo la meiosis. En los animales las células sexuales son los espermatozoides en los machos y los óvulos en las hembras. En las plantas vasculares con semillas, la reproducción sexual es por fusión de gametos, uno masculino (contenido en el grano de polen) y otro femenino (óvulo). La fecundación origina una célula huevo o cigoto que se desarrolla hasta dar lugar a un embrión, del que nacerá una nueva planta. Para que tenga lugar la fecundación, el gameto masculino debe ser transportado hasta el femenino. Este transporte se denomina polinización y se produce con la colaboración de animales, el viento o el agua.

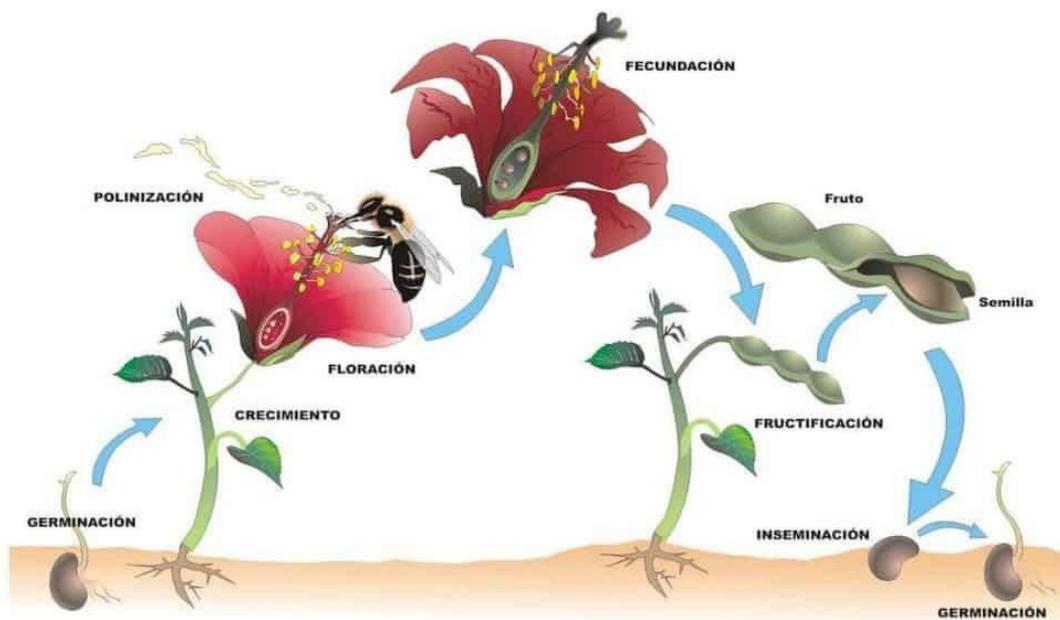


Figura 5: Reproducción sexual en plantas. La flor contiene las estructuras reproductivas. En el ejemplo, las abejas llevan el polen que porta el gameto masculino a otra flor que porta el gameto femenino y se produce la fecundación, dando por resultado la semilla, que dará origen a un nuevo individuo. Imagen extraída de: <https://infoycultura.com/como-se-reproducen-las-plantas/>

5. EXCITABILIDAD O IRRITABILIDAD: La excitabilidad o irritabilidad es la capacidad que tienen los seres vivos de responder ante estímulos. La capacidad para percibir y reaccionar se originó hace miles de millones de años con los organismos procariotas, que podían detectar cambios en su entorno y responder, de manera de aumentar su supervivencia y su éxito reproductivo. Más tarde, la modificación de este proceso simple proporcionó a los organismos pluricelulares un mecanismo para la comunicación entre las células del cuerpo.

Un **estímulo** es una variación física o química del ambiente interno o externo de un organismo. Un cambio en la intensidad o dirección de la luz, en la temperatura, en la presión, en la composición química del medio que rodea ya sea a un organismo o a una célula, es capaz de provocar una respuesta y por lo tanto es un estímulo. Existen dos tipos de estímulos, externos si es que provienen desde el exterior o del ambiente donde se desarrolla un organismo, o internos, si se producen dentro del mismo organismo. La excitabilidad está relacionada con la permeabilidad selectiva de la membrana plasmática de las células (cuya estructura verán en el Tema 3 en esta guía), frente a ciertos iones, lo que da lugar a fenómenos bioeléctricos, base molecular del fenómeno de excitabilidad. Al igual que la mayoría de los fenómenos biológicos, la excitabilidad requiere del consumo de energía química (ATP).

Ante un estímulo determinado, un organismo responde de una forma particular, que depende tanto del estímulo como de su grado de complejidad. Uno de los sistemas de coordinación e interacción con el medio ambiente que nos ayuda a visualizar esta característica de los seres vivos, es el sistema nervioso presente en animales. El hombre, al igual que el resto de los vertebrados, posee un sistema nervioso del tipo encefálico, que realiza tres etapas de procesamiento de la información con el fin de responder a los cambios externos e internos. Cada una de estas etapas es controlada por poblaciones especializadas de neuronas.

Procesamiento de la información por los sistemas nerviosos

1. Recepción sensorial. Es controlada por neuronas sensitivas (receptores sensoriales) que detectan estímulos externos (luz, sonido, tacto, calor, olor y gusto) y condiciones internas (como presión arterial, nivel de CO₂ en sangre, y tensión muscular) y vías aferentes que llevan la información hasta el centro integrador.
2. Integración. Esta función es llevada a cabo por el cerebro o la médula espinal, quienes analizan e interpretan las aferencias sensitivas y, teniendo en cuenta el contexto inmediato y lo que ha sucedido en el pasado, elaboran una respuesta adecuada.
3. Respuesta motora. Consiste en la conducción de señales desde el centro integrador, a través de vías eferentes motoras, hacia los efectores, que son células musculares y/o glandulares encargadas de llevar a cabo las respuestas (Figura 6).

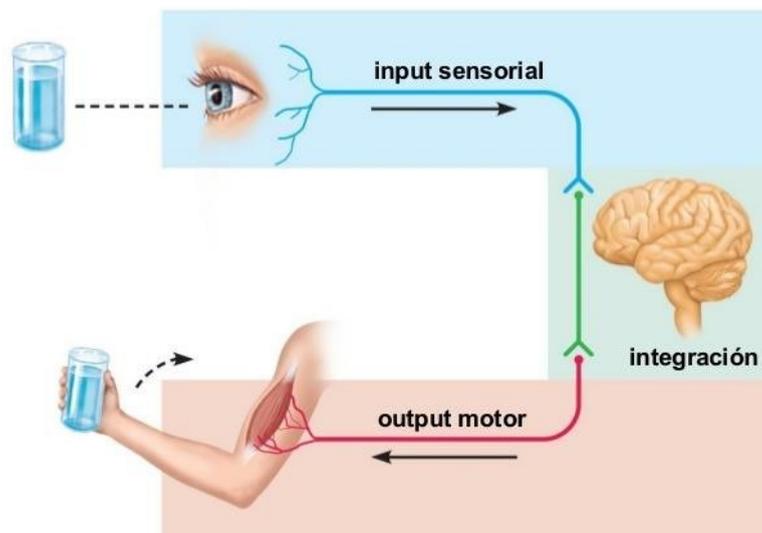


Figura 6: Integración de señales por parte del sistema nervioso en vertebrados, para ejemplificar la excitabilidad y sus 3 componentes que actúan de manera coordinada. Imagen extraída de:

<https://biologiacompartida.wordpress.com/tema-5-sistema-nervioso-y-organos-de-los-sentidos/>

6. **ADAPTACION**: Todas las características presentadas mas arriba son estudiadas en lapsos relativamente cortos, el llamado tiempo ecológico, compatible con el lapso de vida de un investigador. Otras se producen y ponen en evidencia en lapsos mayores: los seres vivos varían a lo largo de grandes

períodos, de modo que las generaciones sucesivas mantienen un nivel óptimo de aprovechamiento del medio. A esta característica la llamamos adaptación evolutiva. En el tiempo evolutivo puede cambiar la composición de **genes** de la especie.

La **teoría de la evolución** afirma que los organismos modernos descienden, con modificaciones, de formas de vida pre- existentes y que, en última instancia, todas las formas de vida del planeta tienen un antepasado común. La fuerza más importante en la evolución es la selección natural. En la actualidad, se la considera equivalente al concepto de reproducción diferencial, es decir la posibilidad de algunos miembros de la población de dejar más descendientes que otros. Esta capacidad se relaciona con el mejor desempeño en la naturaleza de estos organismos. Este mejor desempeño está vinculado, a su vez, al hecho de que poseen ciertas **adaptaciones** (características que les ayudan a sobrevivir en un ambiente hostil). Al lograr sobrevivir y reproducirse, los organismos pasan estas características ventajosas a las siguientes generaciones (Figura 7).



Figura 7: Adaptación de plantas a ambientes con escasez de agua: Cactáceas. En las hojas en donde se encuentran aberturas para el intercambio gaseoso para la fotosíntesis, también se pierde agua, recurso escaso en estos ambientes. Por lo que estas plantas han reducido y transformado sus hojas en espinas para evitar la pérdida de agua. Imagen extraída de:

<https://www.cientifiko.com/plantas-del-desierto/>

7. CRECIMIENTO y DESARROLLO: El crecimiento es el resultado de un incremento en las dimensiones de las células individuales y en el número de células. El proceso de desarrollo embrionario transcurre con un aumento en el número de células, pero el período de crecimiento más significativo, que depende de la incorporación de mayores cantidades de materia y energía, se inicia después de que todos los sistemas del organismo se han formado. Los organismos unicelulares crecen duplicando su tamaño original, en tanto que los pluricelulares aumentan miles de veces su volumen a lo largo de la vida, al mismo tiempo que se desarrollan.

En los animales todos los tejidos y órganos participan en el crecimiento, aunque no todos crecen a la misma velocidad. Por ejemplo, en los seres humanos el tronco y las extremidades tienen un crecimiento

más rápido con respecto a la cabeza, desde la infancia hasta el estado adulto. Esta forma de crecimiento se denomina **alométrico** y da como resultado un cambio marcado en las proporciones del cuerpo. Los mamíferos, incluyendo al hombre, llegan a un cierto tamaño y dejan de crecer. En los vegetales el crecimiento no se detiene y se produce solamente en tejidos de tipo embrionario denominados **meristemas** (Figura 8).

En relación con el desarrollo, la mayoría de los organismos (pluricelulares) comienzan su existencia a partir de una única célula, de la que se originan todas las células del adulto por procesos de reproducción y diferenciación celular. El desarrollo está relacionado con las transformaciones que sufre un organismo a lo largo de su vida. A diferencia de los organismos unicelulares que aumentan de tamaño y replican sus partes componentes antes de dividirse en dos o más células, el desarrollo de los organismos pluricelulares comienza a partir de una sola célula huevo que se divide y genera varios millones de células, que forman estructuras tan complejas y variadas como los ojos, las extremidades, el corazón y el cerebro. Luego de la fecundación del óvulo por el espermatozoide y la fusión de los núcleos masculino y femenino, comienza lo que se denomina el desarrollo embrionario, que en animales presentan las siguientes etapas: Segmentación. Blastulación. Gastrulación. Diferenciación. Morfogénesis (Figura 9).

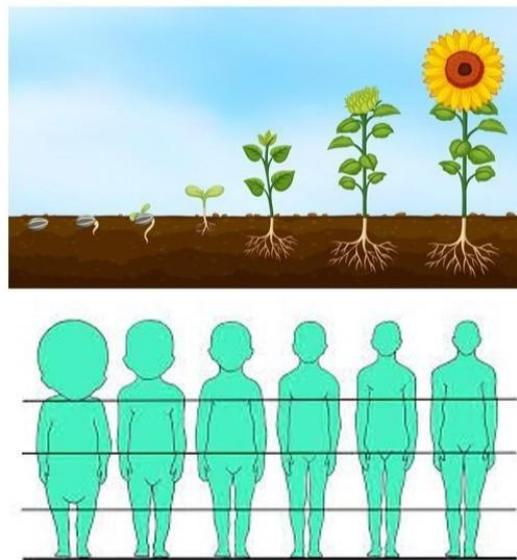


Figura 8: Formas de crecimiento en vegetales y en animales. Imágenes extraídas de:
<https://edisciplinas.usp.br/mod/book/view.php?id=2434480&chapterid=20188>
<https://es.vecteezy.com/arte-vectorial/1838163-planta-crecimiento-etapas-vector-diseno-ilustracion>

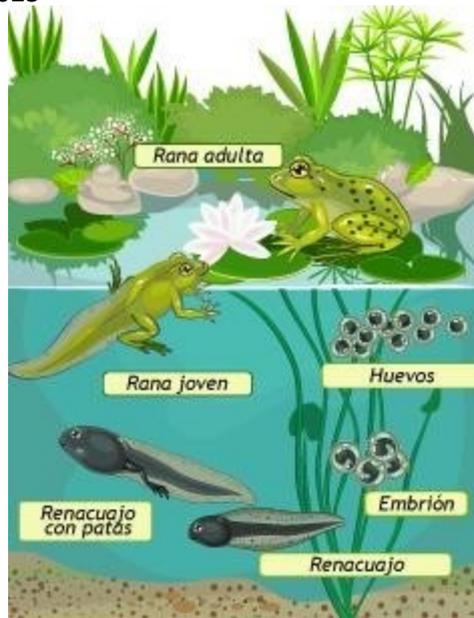


Figura 9: Desarrollo de una rana adulta, pasando por distintos estadios. Involucra profundos reordenamientos estructurales este proceso en la mayoría de los organismos pluricelulares, y no solo el aumento de número de células. Imagen extraída de: <https://korenko.uy/los-seres-vivos/>

8. **MOVIMIENTO:** El movimiento es una característica de los seres vivos que requiere gasto de energía metabólica. La materia viva está en constante movimiento, desde el que ocurre en el interior celular, hasta la locomoción evidente de algunos animales o los movimientos menos notorios de los vegetales.

Tipos de movimientos

1. **Ameboide o por pseudópodos (pseudo:falso/podos:pie).** Son los movimientos de arrastre de las células a través de una superficie. Representan una forma básica de locomoción celular, empleada por varios tipos de células. Ejemplos de esto son los movimientos de las amebas, la migración de las células embrionarias durante el desarrollo, la invasión de tejidos por los glóbulos blancos sanguíneos para combatir una infección, la migración de las células implicadas en la cicatrización de las heridas, y la propagación de las células cancerosas durante la metástasis de los tumores malignos. Estos movimientos dependen de la polimerización y despolimerización de proteínas celulares (actina) (Figura 10).

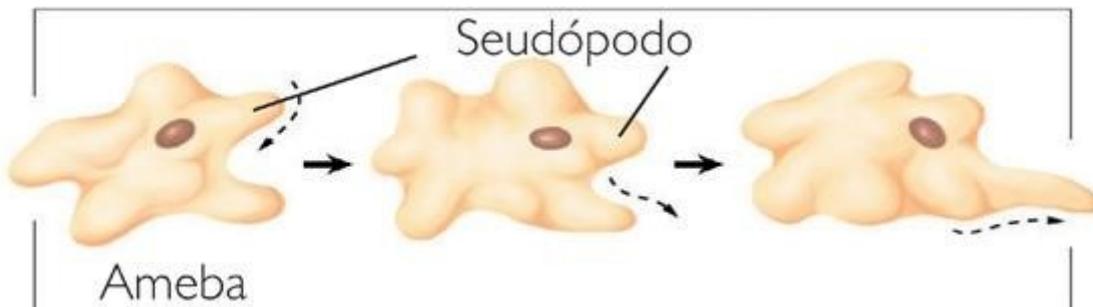


Figura 10: Movimiento ameboidal, denominado así por ser el que presentan las amebas organismos eucariotas de vida libre unicelulares. Imagen extraída de: https://boscomerida.webcindario.com/3_movimiento_celular.htm

2. **Ciliar y flagelar.** Muchas células poseen estructuras móviles a manera de látigo, que se proyectan de sus superficies y realizan movimiento. Algunas células poseen uno o pocos de estos apéndices; cuando son relativamente largos en proporción al cuerpo celular se denominan flagelos; si tienen muchos y cortos se llaman cilios. Ambos tipos de prolongaciones les permiten a las células moverse en un ambiente líquido o desplazar líquidos y partículas a lo largo de la superficie celular.

A los flagelos los podemos encontrar tanto en células procariotas (*Escherichia coli*) como en células eucariotas, tales como los espermatozoides, algunos protistas (*Trypanosoma cruzi*, *Trichomonas vaginalis*). En vegetales los flagelos están presentes en los gametos masculinos de los helechos (Figura 11).

Los cilios son comunes en las superficies de células eucariotas animales y revisten conductos internos como las vías respiratorias y vías reproductoras. En protozoos, los cilios se encuentran recubriendo total o parcialmente su superficie (Figura 11).

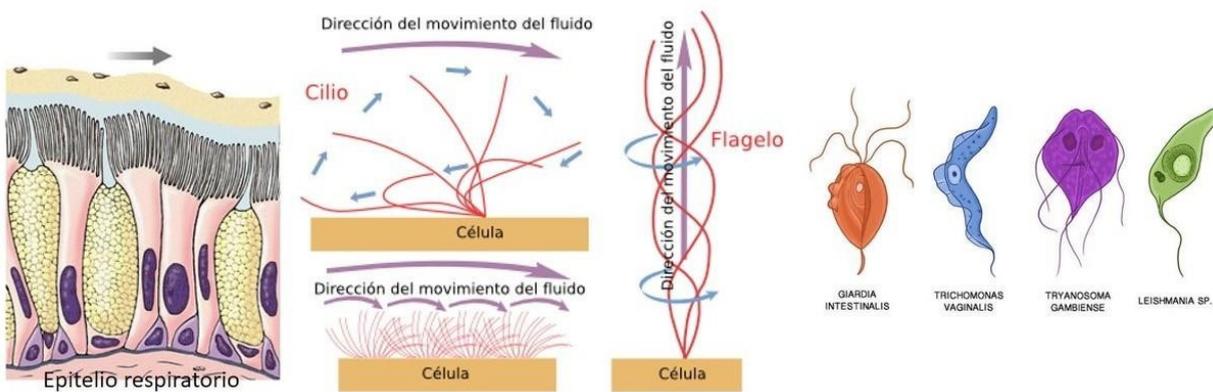


Figura 11: Movimiento ciliar y flagelar y tejidos/organismos unicelulares en donde se encuentra este tipo de movimiento.

Imagen modificada de: <https://ocw.unican.es/mod/page/view.php?id=520&lang=en>
<https://www.asturnatura.com/temarios/biologia/citosol-citoesqueleto/cilios-flagelos>

3. **Muscular.** Este movimiento es exclusivo de los animales y en él interviene el tejido muscular. Dentro del citoplasma de cada célula muscular (fibra) se encuentran miles de unidades estructurales llamadas miofibrillas, que están compuestas por las proteínas miosina y actina. Cuando el músculo recibe un estímulo, las miofibrillas se deslizan unas sobre otras provocando el acortamiento de este y generando el movimiento (Figura 12).



Figura 12: Sistema muscular en el ser humano. Formado por fibras proteicas, actina y miosina, que se contraen y relajan alternativamente. Imagen extraída de: <https://ar.pinterest.com/pin/433049320418738231/>

Movimientos en vegetales

En los organismos vegetales existen movimientos específicos llamados **Tropismos** (Figura 13). Son movimientos que implican el crecimiento diferencial de un órgano o parte del vegetal, en respuestas a un estímulo. Si la planta crece en la misma dirección de incidencia del estímulo, el tropismo es positivo, si ocurre en dirección opuesta el tropismo es negativo. Fototropismo + es el movimiento (crecimiento) de los tallos hacia la luz. Gravitropismo (-) es la respuesta de crecimiento frente a la fuerza de gravedad. Son movimientos irreversibles. En tanto que las **Nastias**, son movimientos transitorios en respuesta a un estímulo y son reversibles (Figura 14). Ver una nastia en el siguiente enlace: https://static.wixstatic.com/media/4eea83_fd7dd38403b746f58f2e00562957bdec~mv2.gif

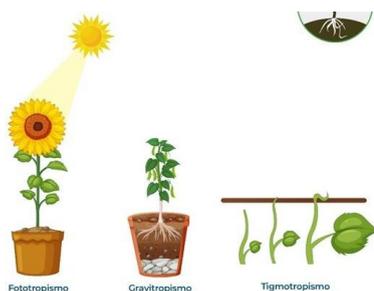


Figura 13: Tropismos en plantas. Imagen modificada de: Agrokrebs.mx.



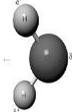
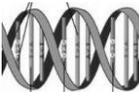
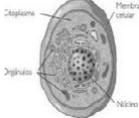
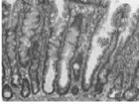
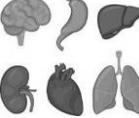
Figura 14: Nastias en planta carnívora (Dionaea muscipula). Se cierran sus hojas modificadas en respuesta a mecanorreceptores.

Imagen extraída de: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1634-el-movimiento-de-las-plantas>



Actividades

1. Completar la tabla presentada a continuación. Describir brevemente cada nivel con ejemplos. Agregar los niveles que faltan con su descripción.

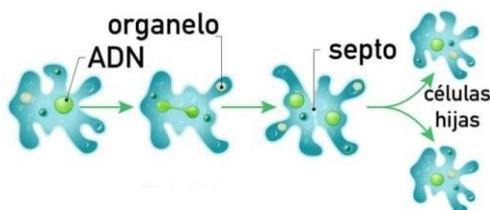
<p>Nivel subatómico</p>		
<p>Nivel atómico</p>		
<p></p>		
<p></p>		
<p></p>		
<p></p>		
<p></p>		
<p></p>		
<p>Nivel sistémico</p>		
<p>Nivel individuo</p>		
<p>Nivel de población</p>		
<p>Nivel de comunidad</p>		
<p>Nivel de ecosistema</p>		

2. ¿Qué entiende por propiedad emergente? ¿Cómo se relaciona esta propiedad con la vida?
3. En relación con el metabolismo de los seres vivos:
 - a) Indique los tipos de procesos metabólicos y la finalidad de cada uno de ellos.
 - b) Según el modo de adquirir energía se distinguen dos tipos de nutrición. Completar la tabla presentada a continuación.

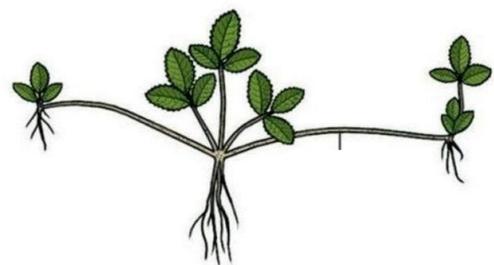
	Autótrofos	Heterótrofos
Ejemplos de organismos		
Fuentes que incorporan		
Productos que sintetizan		
Proceso general		

4. Indicar si es verdadero o falso, en caso de que sea falso justifique:
 - a. La locomoción es un tipo de movimiento que realiza un ser vivo para desplazarse de un lugar a otro con desplazamiento
 - b. Gravitropismo es el movimiento en plantas en contra de una fuente de luz
 - c. El movimiento vibrátil se realiza por medio de pseudópodos
 - d. Las nastias son movimientos irreversibles.
 - e. El movimiento flagelar es empleado por los organismos para barrer partículas superficiales.

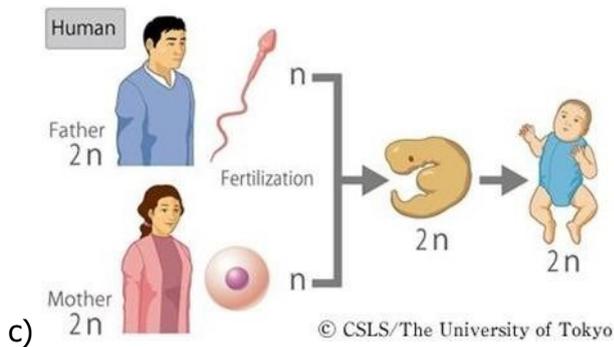
5. Observando los gráficos, explique de qué tipo de reproducción se trata, mencione ejemplos y las ventajas y desventajas de este tipo de reproducción.



a)



b)



6. Responder:

- a. ¿Cuáles son las principales características que distinguen la reproducción asexual y sexual?
- b. ¿Qué condiciones ambientales deben darse para que un organismo opte por la reproducción asexual?
- c. ¿Qué características presenta la progenie, producto de la reproducción sexual?

7. Completar la siguiente actividad describiendo la adaptación que ha tenido lugar en el ejemplo. Tenga en cuenta el ambiente en donde vive, si presenta alguna característica morfológica o fisiológica que le permita vivir en ese ambiente y el tipo de adaptación que presenta.



Ursus maritimus "oso polar"

- 8. Selecciona la única opción correcta.
 - a) La capacidad de respuesta de una madre que da de mamar a su bebé y condiciona su salida de leche, corresponde a su:
 - a. nutrición
 - b. desarrollo
 - c. irritabilidad o excitabilidad
 - d. metabolismo

b) Una persona que está distraída recibe un pinchazo en su mano proveniente de un rosal al que rozó en su paso. Inmediatamente reacciona sacando la mano dolorida del sitio donde se encontraba. Esto es un claro ejemplo de:

- a. Metabolismo.
- b. Diferenciación
- c. Irritabilidad o excitabilidad.
- d. Homeostasis

9. Con respecto al desarrollo y crecimiento, responder:

- a. Usted aislo en el laboratorio un huevo o cigoto de pecarí, puma, zorro ¿Cómo le explica a un estudiante de secundaria que a partir de esta única célula se va a formar un organismo formado por millones de células?
- b. Explique el crecimiento y la diferenciación tomando como ejemplo una semilla de palta.

10. Observe el video y defina que es homeostasis. De un ejemplo relacionado a la nutrición. (<https://www.youtube.com/watch?v=xi5KGjxB3oU>).

BIBLIOGRAFÍA

- Audesirk, Teresa; Audesirk, Gerald; Byers, Bruce E. (2013). Biología. La vida en la Tierra. Con fisiología. 9ª Ed. Pearson Educación de México, S.A de C.V., México. ISBN: 978-607-32-1526-8.
- Ganeten AM et al. (2015). Biología. Conceptos básicos. Secretaría Académica Dirección de Articulación, Ingreso y Permanencia. Universidad Nacional del Litoral. Área de Biología, UNSL 2009. Guía de Trabajos Prácticos Biología General Lic. en Cs. Biológicas.
 - Armúa C, Seijo G, Mautino LR, Coronel JM, Ruiz FJ, Soneira Díaz P. 2010. Guía de estudios y trabajos prácticos. Introducción a la Biología. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes.
 - Alberts, Brain, Hopkin, Johnson, Lewis, Raff, Roberts, Walter. Introducción a la Biología Celular. 2011. Tercera edición. Médica Panamericana, Buenos Aires.
 - Audesirk, Teresa; Audesirk, Gerald; Byers, Bruce E. Biología. La vida en la Tierra. Con fisiología. 2013. Novena edición. Pearson Educación de México, S.A de C.V., México.

- Campbel N. y Reece J. Biología. 2007. Séptima edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires.
- Cangiano A, Daguerre A, Jofré MB, Moglia MM, Ochoa AC, Salinas A, Vásquez Gómez M, Videla A. 2014. Módulo Introductorio Biología. Guía de Actividades. Área de Biología, UNSL.
- Cid FD, Fernández Marinone G, Nuñez MB. 2014. Introducción a la Biología. Guía de Prácticos de Aula. Licenciatura en Biología Molecular. Área de Biología, UNSL.
- Curtis H., S. Barnes, A. Schnek y A. Massarini. 2008. Curtis Biología. Séptima edición en español. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires.
- Enfermedades genéticas relacionadas con la nutrición. 2010. BuenasTareas.com. Recuperado 12, 2010, de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Enfermedades-Geneticas-Relacionadas-Con-La-Nutricion/1346228.html>
- Lodish H, Berk A, Zipursky L, Matsudaira P, Baltimore D y Darnel J. Biología Celular y molecular. 2006. Quinta edición. Médica Panamericana, Buenos Aires.

SITIOS WEB

- Megías, M., Molist, P., & Pombal, M. (2017). Atlas de histología animal y vegetal. Vigo, España: Universidad de Vigo. Recuperado de https://www.uvigo.gal/uvigo_es/
- Sabbatino, V., Lassalle, A., & Márquez, S. (2007). Biología celular y humana. Guía Práctica. Ediciones WorldCopy. Recuperado de <https://www.genomasur.com>

TEMA 2

COMPONENTES QUÍMICOS DE LA MATERIA VIVA

Bioelementos: características e importancia biológica. Agua: características e importancia biológica. Concepto de pH, importancia biológica. El Carbono: características, cadenas carbonadas. Monómeros y polímeros. Compuestos orgánicos. Características generales e importancia de Proteínas, lípidos, hidratos de carbono y ácidos nucleicos.

Los seres vivos estamos constituidos por los mismos elementos que se encuentran en el resto del universo. En el nivel más básico, y de hecho todo lo vivo y lo no vivo, está formado de **átomos** que con frecuencia están organizados en estructuras más grandes llamadas **moléculas**. Sin embargo poseemos propiedades particulares que están dadas por la composición y estructura química de las sustancias que nos componen. De hecho, las interacciones sencillas entre átomos, llevadas a cabo muchas veces y en muchas combinaciones diferentes en una célula individual o en un organismo más grande son las que hacen posible la vida.

OBJETIVOS

- Reconocer los elementos químicos importantes en los seres vivos.
- Diferenciar entre los compuestos químicos inorgánicos y orgánicos.
- Analizar las propiedades físicas del agua y su importancia biológica.
- Conocer la escala de pH para aplicar en situaciones de la vida cotidiana.
- Reconocer la importancia biológica de los compuestos orgánicos.
- Establecer diferencias estructurales y funcionales de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.

COMPUESTOS QUÍMICOS

Todos los seres vivos somos conjuntos de **elementos**. Los elementos a su vez están formados por átomos, que son las unidades más pequeñas de la materia que aún conservan las propiedades de ese elemento.

En la Tierra hay 92 elementos naturales, que encontramos enumerados en la tabla periódica de los elementos. Cada elemento se denota con su símbolo químico, que puede ser una sola letra mayúscula o, cuando la primera letra ya está "ocupada" por otro elemento, una combinación de dos letras. Algunos elementos usan el nombre en español, como C para el carbono o Ca para el calcio. Otros símbolos químicos provienen de sus nombres en latín, por ejemplo, el símbolo del sodio es Na, una forma abreviada de natrium, la palabra en latín para sodio (Fig 1). Los seres vivos no están constituidos por todos ellos; sólo algunos forman parte de la enorme complejidad de los seres vivos, incluyendo también a los más simples seres unicelulares. Seis de estos

elementos constituyen aproximadamente el 99 % del peso de cualquier ser vivo: oxígeno (O), carbono (C), hidrógeno (H), nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S).

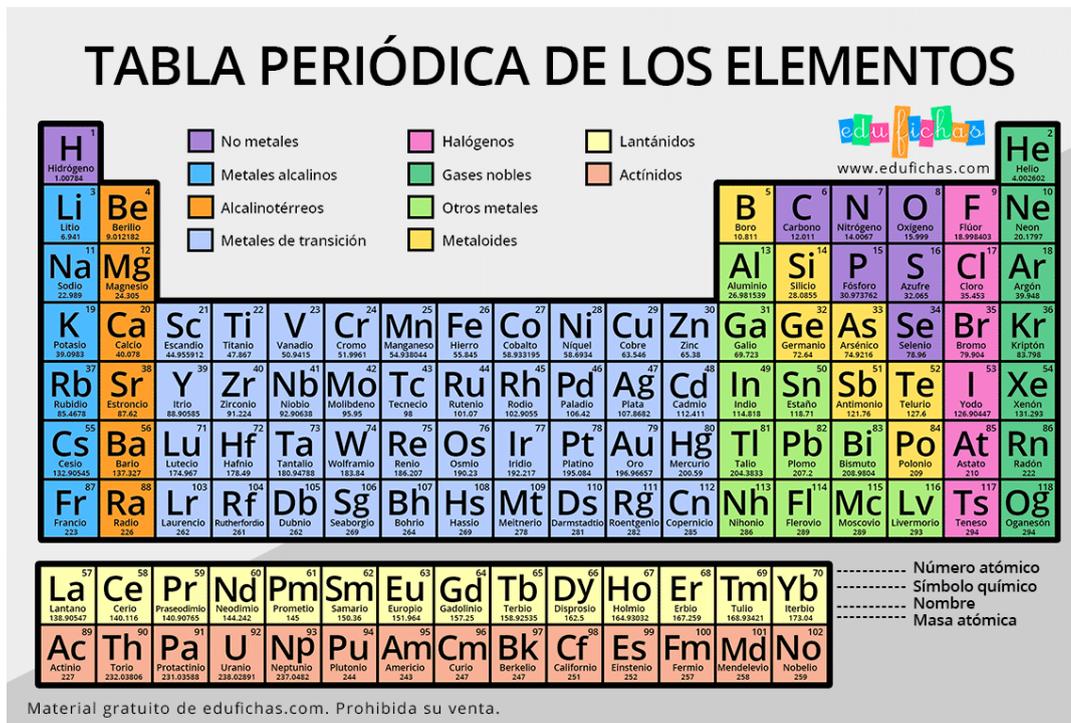


Figura 1. Tabla periódica de los elementos. Imagen de <https://www.edufichas.com/ciencias/tabla-periodica/>

Teniendo en cuenta la concentración relativa en los seres vivos, a estos elementos **biogénicos** podemos clasificarlos en: **macroelementos** o **elementos primarios**, **microelementos** o **elementos secundarios** y elementos traza u **oligoelementos** (Fig. 2).

Como su nombre lo indica, los **macroelementos** son los más abundantes en cualquier ser vivo y son componentes universales de las sustancias inorgánicas y orgánicas de importancia biológica. Ellos son: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y nitrógeno (N), conocidos por la sigla **CHONPS**.

Los **microelementos** son aquellos necesarios en menor concentración que los anteriores, entre un 0,05 y un 1 % del peso total. Como veremos luego, también cumplen importantes funciones dentro de los organismos vivos. Entre ellos ubicamos: fósforo (P), azufre (S), sodio (Na), potasio (K), cloro (Cl), calcio (Ca) y magnesio (Mg).

Los elementos traza, también llamados **oligoelementos**, son necesarios en concentraciones bajísimas, menores al 0,01 %, pero no por eso son menos importantes. Entre ellos están: hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn), molibdeno (Mo) y otros presentes sólo en algunos seres vivos, como el boro (B) en vegetales. La falta de estos elementos trazas da origen a serias

enfermedades, como por ejemplo la anemia, que puede producirse en humanos y animales por falta de hierro o de cobre.

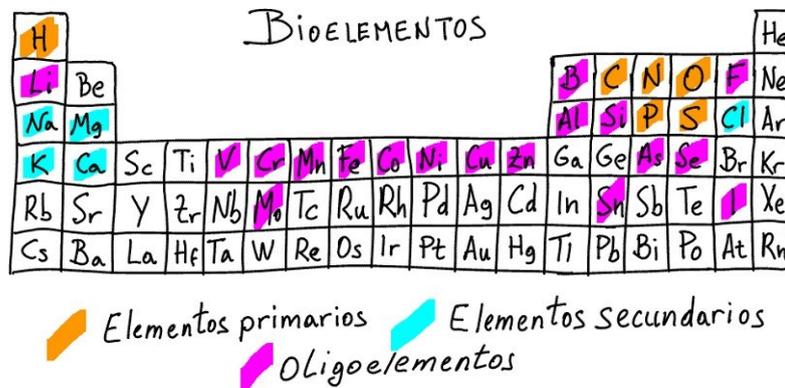


Figura 2. Ubicación de los elementos biogénicos de acuerdo a sus características químicas en una representación de la tabla periódica de los elementos. Imagen de <https://twitter.com/descubrequimica/status/1153730000761348096>

¿Cómo se forman las moléculas?

Todos los átomos de los elementos que acabamos de mencionar se combinan entre sí para formar moléculas. Estas combinaciones se producen a través de enlaces químicos, que mantienen unidos a los elementos entre sí.

La fuerza de un enlace químico se mide como la energía que se necesita para romperlo. A su vez, nos da idea de la energía liberada en el proceso.

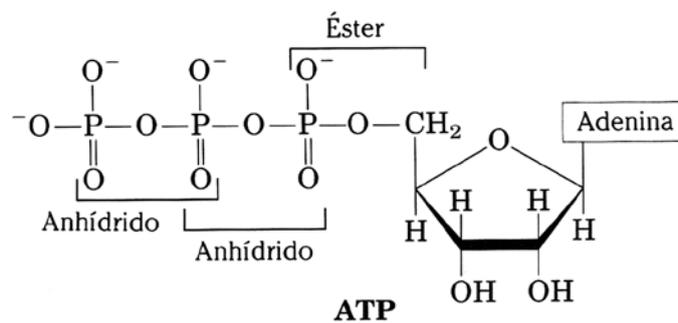


Figura 3. Estructura química del ATP, la moneda energética de las células. Los tres enlaces entre los fosfatos retienen gran cantidad de energía que se libera al romperse cada uno de estos.

Los enlaces pueden ser **débiles** o **fuertes**. Los enlaces débiles son importantes en la interacción de los elementos para formar moléculas y también en la interacción de moléculas entre sí. Si bien al considerarlas individualmente resultan interacciones débiles, fáciles de romper, en conjunto presentan una fuerza suficientemente importante como para participar en las uniones entre moléculas. Dentro de los enlaces de este tipo podemos considerar:

- las **interacciones hidrofóbicas**, generadas por fuerzas de repulsión entre las moléculas. Este tipo de enlace es muy importante en la formación de las membranas biológicas.
- los **enlaces puentes de hidrógeno**, interacciones entre átomos electropositivos y electronegativos, por atracción de cargas opuestas. Son importantes en la interacción de moléculas polares. Estos enlaces se pueden formar entre dos moléculas o entre dos partes de la misma molécula.
- **enlaces iónicos**, ocurren entre átomos eléctricamente cargados llamados **iones**. Aportan la fuerza que mantiene unida, por ejemplo, a los iones sodio, cargados positivamente (Na^+) y a los iones cloruro, cargados negativamente (Cl^-) en la molécula de sal común, el cloruro de sodio (NaCl). Estos enlaces son muy fuertes en ausencia de agua. Si agregamos sal a un recipiente con agua, ésta se disuelve en el agua, porque los iones sodio y cloruro interaccionan con los del agua, y ya no se observan como cristales de sal común (ver Figura 5);
- **fuerzas de van der Waals**, enlaces débiles que se generan entre átomos ubicados a corta distancia, y que se deben a sus cargas eléctricas fluctuantes. Estas fuerzas se conocen como atracciones de van der Waals.

Por último, los enlaces fuertes son los responsables de la mayoría de las uniones entre átomos que forman moléculas, e incluyen:

- **enlaces covalentes**, formados por pares de electrones (pueden ser uno, dos o tres pares) que se comparten entre los átomos que constituyen las moléculas. Este tipo de enlace es muy importante en la formación de **moléculas orgánicas**, que están constituidas principalmente por átomos de carbono, un macroelemento que es la base estructural de los seres vivos, precisamente porque puede formar enlaces covalentes con otros cuatro átomos de carbono o con otros, como el hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, etc. Así, gracias a los enlaces covalentes entre átomos de carbono se forman largas cadenas carbonadas, que constituyen el "esqueleto principal" de la mayoría de los compuestos orgánicos.

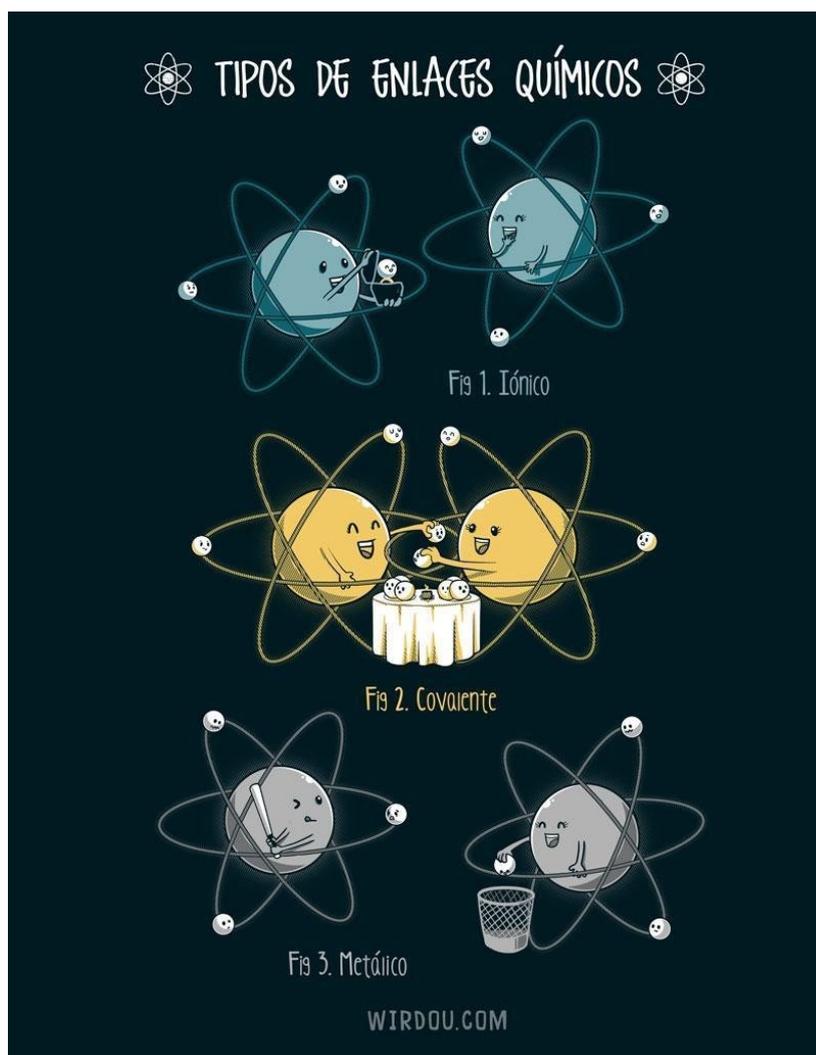


Figura 4. Tipos de enlaces químicos. Imagen de <https://wirdou.com/science/espanol/tipos-de-enlaces-quimicos/>

Moléculas inorgánicas y orgánicas

Teniendo en cuenta principalmente los elementos que constituyen las moléculas y la complejidad estructural de las mismas, podemos clasificarlas en **inorgánicas** y **orgánicas**.

Las moléculas o compuestos inorgánicos son simples, de pequeño tamaño, tales como el agua, las sales y los ácidos y bases simples.

Las moléculas o compuestos orgánicos son todas aquellas que poseen el elemento carbono (**C**) en su constitución; en general son grandes, formadas por varios átomos de carbono, como los hidratos de carbono, los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos. Es importante considerar que el **dióxido de carbono** (CO_2) es la excepción a esta regla, ya que es una molécula inorgánica, simple, que posee carbono.

Empezaremos a considerar las moléculas inorgánicas.

El agua

La más abundante de las moléculas que componen a los seres vivos es el agua, constituyendo entre el 50 y el 95 % del peso de cualquier sistema vivo.

El agua ha sido desde los remotos comienzos del origen de la vida, un participante muy activo en la compleja actividad química de la cual surgieron los compuestos orgánicos iniciales y, más adelante, los primeros organismos.

El agua desempeña una serie de funciones en los sistemas vivos. La mayor parte de los demás productos químicos existentes están disueltos en ella y, necesitan un medio acuoso para reaccionar uno con otro. Disuelve los productos de desecho del metabolismo y ayuda a su eliminación de la célula y del organismo. Además, tiene gran capacidad térmica; o sea una gran capacidad para absorber calor con cambios muy pequeños de su propia temperatura. Esta habilidad del agua para absorber calor permite a los seres vivos eliminar el exceso de calor evaporando agua.

Cumple la función indispensable de lubricante, y se encuentra siempre donde un órgano se desliza contra otro, formando parte de los líquidos corporales. En las articulaciones, por ejemplo, se encuentra agua formando parte del líquido sinovial, donde un hueso se mueve sobre otro.

El hecho de que sea el componente más abundante de la materia viva no parece resultado de la casualidad. Lo que ocurre es que sus singulares propiedades le han permitido intervenir en múltiples papeles en el organismo. Veamos cuáles son esas propiedades desde el punto de vista químico.

¿Cómo es la molécula del agua?

El agua es una sustancia más compleja de lo que podría suponerse observando su fórmula elemental: dos átomos de hidrógeno unidos a un átomo de oxígeno (H – O – H). Entre éstos se establecen enlaces covalentes simples, donde el átomo de oxígeno comparte un par de electrones con cada uno de los átomos de hidrógeno. Pero sucede que el átomo de oxígeno, que posee más masa, ejerce mayor atracción sobre los electrones de los enlaces que los de hidrógeno, y esto genera una distribución de electrones asimétrica. Los electrones de los pares compartidos permanecen más tiempo cerca del oxígeno que de cada átomo de hidrógeno. Como resultado, el oxígeno presenta una carga parcial negativa (-) y los hidrógenos tienen cargas parciales positivas (+). Por eso, aunque la molécula de agua no posee carga neta (tiene la misma cantidad de protones que de electrones), es un dipolo eléctrico ya que presenta distribución desigual de cargas (Figura 4 a y b).

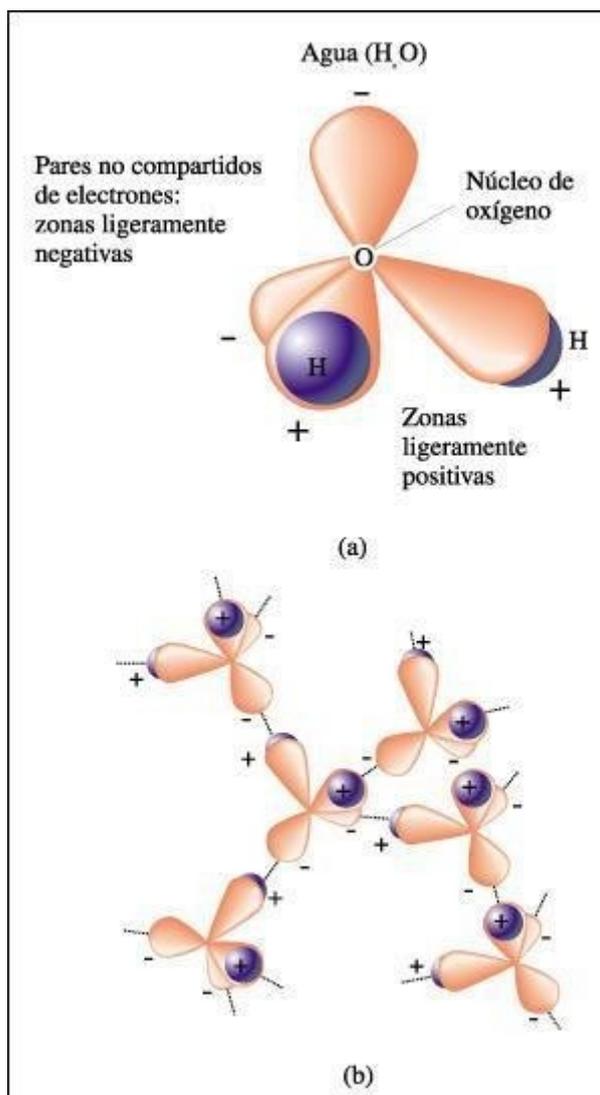


Figura 5. a) la molécula de agua representada según el modelo atómico orbital que muestra las zonas de la molécula ligeramente positivas y ligeramente negativas. b) la formación de puentes de hidrógeno entre las moléculas de agua (Curtis y Barnes, 2000).

Cuando dos moléculas de agua se aproximan mucho se origina una atracción electrostática entre las cargas parciales opuestas de los átomos de las moléculas vecinas. Como consecuencia de ello, se establece un enlace débil entre el oxígeno de una molécula de agua y el hidrógeno de otra formando un **enlace llamado puente de hidrógeno**. Debido a la disposición espacial de las moléculas de agua, cada una de ellas puede establecer puentes de hidrógeno con otras cuatro.

Seguramente ya conoces algunas de las propiedades del agua, como por ejemplo que es inodora, incolora e insípida, y su fórmula química.

Veamos ahora otras propiedades importantes.

Recordemos que la fuerte atracción entre las moléculas debida a los puentes de hidrógeno es responsable de algunas de las propiedades más características del agua, como las siguientes:

Propiedades emergentes de la molécula de agua

Capilaridad

Una combinación de fuerzas adhesivas y cohesivas explica la tendencia del agua, denominada capilaridad, a avanzar en tubos estrechos, aun contra la fuerza de la gravedad (Fig. 5). Esta acción es la que hace que el agua se mueva en los espacios microscópicos que hay entre las partículas del suelo hacia las raíces de las plantas. Debido a la naturaleza cohesiva de las moléculas de agua, cualquier fuerza que se ejerza en parte de una columna de agua se transmitirá a toda la columna. El principal mecanismo de desplazamiento del agua en las plantas depende de este hecho.

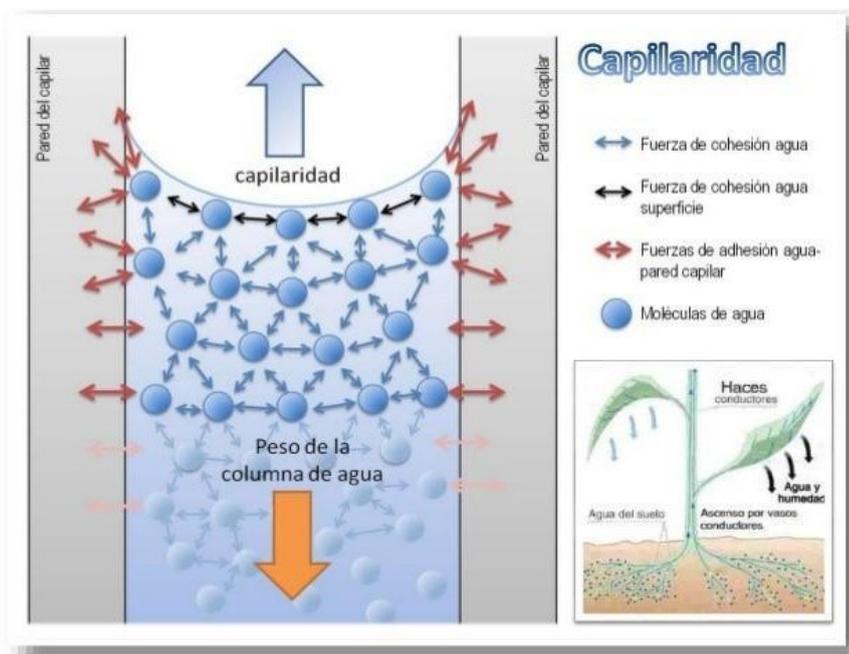


Figura 6. Esquema de las fuerzas que intervienen en la capilaridad. Imagen de: <https://www.slideshare.net/sergioaubertgaribay/capilaridad-63351688>.

Tensión superficial

El agua tiene un alto grado de tensión superficial debido a la **cohesividad** de sus moléculas, las cuales ejercen mayor atracción entre sí que hacia las del aire. De este modo, las moléculas de agua que se encuentran en la superficie se atraen fuertemente unas a otras, lo cual da por

resultado una capa compacta a la que contribuye la atracción adicional que ejercen las moléculas que se encuentran debajo.



Figura 7. Representación de la tensión superficial. Imagen de <https://www.liceoagb.es/quimigen/liqu2.html>.

Los **puntos de fusión** y de **ebullición** son más altos que los correspondientes a compuestos semejantes. Esto determina que, a temperaturas moderadas, se mantenga como un sistema líquido (propiedad que, entre las sustancias inorgánicas, solo comparte con el mercurio), que es el más adecuado para el desarrollo de muchas reacciones químicas.

El **calor de vaporización es alto**, lo cual indica que debe aportarse gran cantidad de calor para evaporar una cierta masa de agua. Debido a esto, la evaporación tiene efectos refrigerantes, y es por eso que la sudoración de los seres vivos en un día muy caluroso permite eliminar calor corporal (Fig. 8). Tengamos en cuenta que el sudor contiene un 99% de agua.

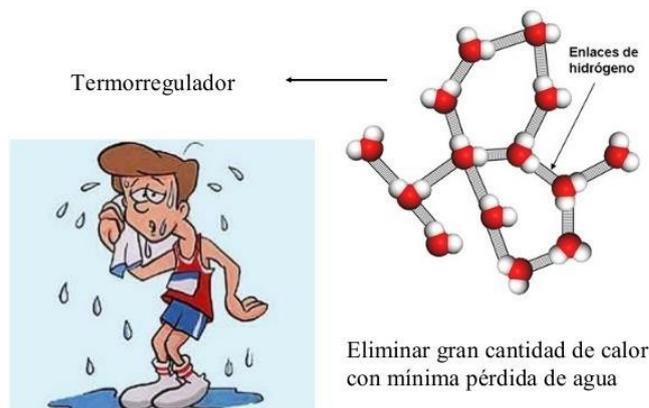


Figura 8. Representación del calor de vaporización en el ser humano. Imagen de

<http://bioquimicaqfbpepe.blogspot.com/2018/02/estructura-e-importancia-del-agua-en-el.html>

También es **alto su calor específico**, es decir que es necesario entregar una gran cantidad de calor para que 1g de agua eleve 1 °C su temperatura. El calor específico del agua es mucho mayor que el de otros materiales de la biosfera, como las rocas o el aire.

El **calor de vaporización** y el **calor específico** altos de la molécula de agua requieren que se entregue una gran cantidad de calor para que la temperatura del agua suba, y la extracción de una gran cantidad para que la misma baje. Estas importantes propiedades permiten que los medios acuosos puedan mantener una temperatura relativamente **constante**, lo que evita que los organismos que viven en los océanos o en los grandes lagos de agua dulce sean expuestos a bruscas variaciones de temperatura. También permite al agua comportarse como buen amortiguador de la temperatura de un organismo, disminuyendo los efectos de los cambios de temperatura del medio externo. Este mantenimiento de la temperatura es de suma importancia para la vida porque las reacciones químicas de importancia biológica sólo tienen lugar dentro de estrechos límites de temperatura.

El agua tiene también una gran cohesión interna, es decir, capacidad para resistir a la ruptura cuando se coloca bajo tensión. Si pensamos en un lago, los numerosísimos puentes de hidrógeno que están formados ejercen una atracción continua hacia el interior sobre las moléculas de agua que se encuentran en o cerca de la superficie. Estos puentes también provocan una elevada tensión superficial, que opone cierta resistencia a la penetración y se comporta como una película elástica. El ejemplo que nos permite evidenciar éstas propiedades es el de los insectos voladores que aterrizan sobre el agua y flotan sobre ella.

Consideremos ahora lo que ocurre durante la congelación. Por debajo de 0 °C los puentes de hidrógeno resisten a la ruptura y unen las moléculas de agua en un enrejado abierto, que es la estructura que posee el hielo. Al ser menos denso que el agua, el hielo flota en ella. En invierno,

cuando el agua de los lagos, estanques y arroyos se congela, sólo lo hace en la superficie, formando una placa de hielo, y esto aísla el agua líquida que se encuentra por debajo, protegiendo de la congelación a los peces, ranas y otros organismos acuáticos.

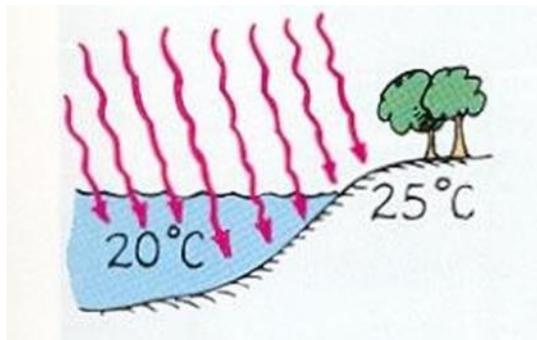


Figura 9. El calor específico tiene una gran importancia en muchos aspectos en los que nos movemos y en nuestro día a día. El primer aspecto sería el clima, a través del agua de los océanos, que regulan el clima del planeta. Gracias a la alta capacidad calorífica del agua, se requiere mucho calor para subir su temperatura.

¿Por qué el agua disuelve sustancias diversas?

El agua puede disolver sustancias diferentes en mayor grado que cualquier otro disolvente. Esta notable capacidad se debe a dos propiedades:

- La tendencia a formar puentes de hidrógeno con otras sustancias, no solamente con otras moléculas de agua. Puede formar puentes de hidrógeno con grupos alcohol, amino, carbonilo (Figura 10) de otros compuestos. Las sustancias que presentan grupos químicos como los mencionados se disuelven con mayor facilidad en el agua.

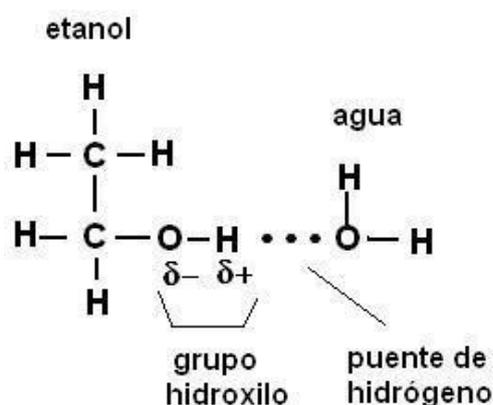


Figura 10. Formación de puentes de hidrógeno entre el agua y un grupo alcohol: etanol. Imagen de http://www.genomasur.com/BCH/BCH_libro/capitulo_02.htm

- La presencia del agua disminuye la atracción entre iones de carga opuesta. Gracias a esto, el agua es un buen disolvente de sales inorgánicas, como el ejemplo que ya vimos de la sal común. Esto ocurre porque las moléculas dipolares del agua se ordenan alrededor de los cationes Na^+ y alrededor de los aniones Cl^- formando una nube de hidratación que los estabiliza y permite su disolución.

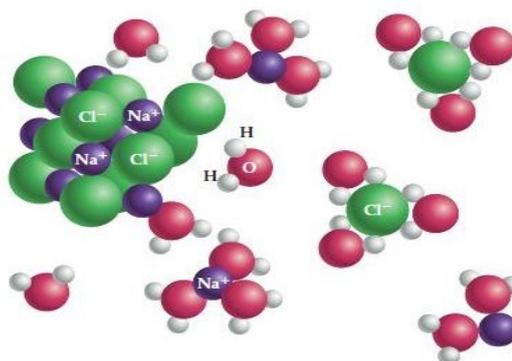


Figura 11. El agua como solvente. Cuando un cristal de sal cae en agua, ésta rodea a los iones de sodio y cloro con polos de sus moléculas cuyas cargas sean opuestas. Los iones se dispersan pues las moléculas de agua que los rodean los aíslan unos de otros; así, el cristal se disuelve gradualmente (Audersik, 9º Ed. 2013).

Las soluciones en agua pueden ser ácidas, básicas o neutras

Aunque en general el agua se considera un compuesto estable, tiene una ligera tendencia a formar espontáneamente iones que, a continuación, vuelven a unirse para formar agua. En todo momento, una pequeña fracción de las moléculas de agua se dividen en iones hidroxilo (OH^-) y de hidrógeno (H^+ ; Figura 12).

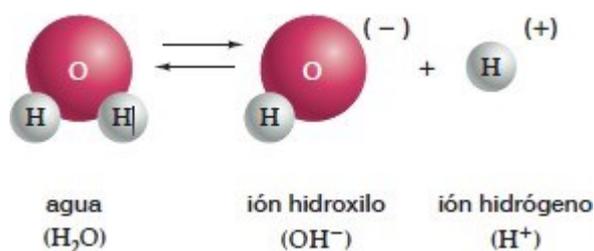


Figura 12. Ionización del agua. Audersik, 9ºEd. 2013

Un ión hidroxilo tiene carga negativa porque aceptó un electrón del átomo de hidrógeno. Al ceder un electrón, el átomo de hidrógeno se convierte en un ión hidrógeno con carga positiva. El agua pura contiene concentraciones iguales de iones hidrógeno y iones hidroxilo. Ahora bien, en muchas soluciones las concentraciones de H^+ y OH^- no son iguales. Si la concentración del H^+ supera la de OH^- , la solución es ácida. Un ácido es una sustancia que libera iones hidrógeno cuando se disuelve en agua. Por ejemplo, cuando se agrega ácido clorhídrico (HCl) al agua pura,

casi todas las moléculas del ácido se separan en hidrógeno y Cl. Por tanto, las concentraciones de H superan las de OH, y la solución que se forma es ácida. Muchas sustancias ácidas, como el jugo de limón y el vinagre, saben agrias porque los receptores correspondientes de la lengua están especializados en responder a un exceso de H. Las bacterias comunes de la boca forman una capa sobre los dientes, rompen los carbohidratos de la comida atrapada y producen ácido láctico. El exceso de H generado por el ácido disuelve y erosiona el esmalte dental y origina caries. El jugo de naranja y muchas bebidas gaseosas son muy ácidos, pero en general no se quedan en la boca el tiempo suficiente para dañar los dientes. Si la concentración de OH es mayor que la de H, la solución es básica. Una base es una sustancia que se combina con iones hidrógeno y reduce su número. Por ejemplo, si se agrega hidróxido de sodio (NaOH) al agua, las moléculas de NaOH se separan en Na y OH. Algunos de los iones OH se combinan con H para producir H₂O, lo que disminuye el número de iones H y forma una solución básica. El grado de acidez se expresa en la escala de pH (FIGURA 2-12) en la que la neutralidad (el mismo número de H y OH está indicada con el número 7. El agua pura, con concentraciones iguales de H y OH tiene un pH de 7. Los ácidos tienen un pH menor a 7; el pH de las bases es de más de 7. Cada unidad de la escala del pH representa un cambio de 10 veces en la concentración de H. Así, un refresco con pH de 3 tiene una concentración de H 10 mil veces mayor que la del agua, que tiene un pH de 7.

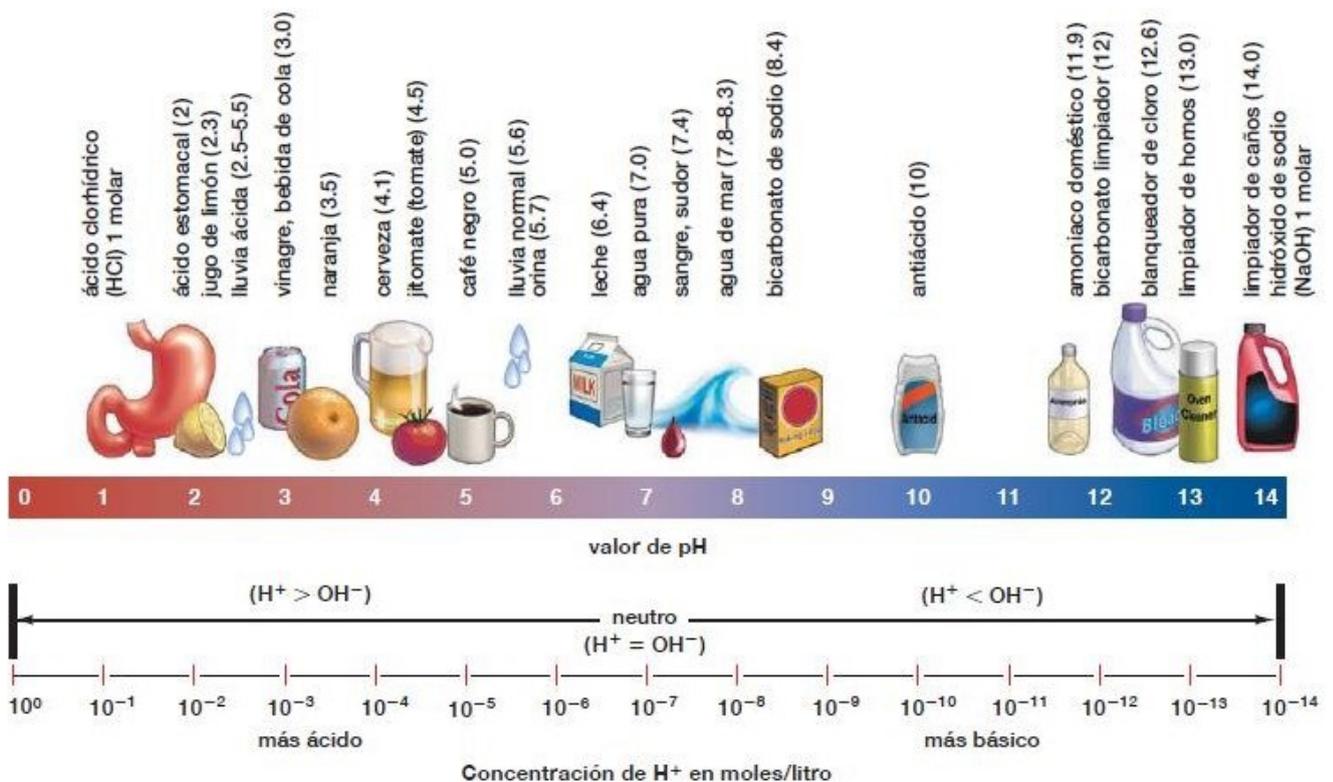


Figura 13. Escala de pH: se expresa la concentración de iones hidrógeno (H) en una solución. Audersik 9ª Edición 2013.



Actividad

Lee los siguientes ejemplos extraídos del texto de Biología de Curtis y Barnes (2000) y relaciona cada uno con alguna de las propiedades del agua:

1. Si observamos el agua que gotea de una canilla, cada gota se adhiere al borde y permanece suspendida por un momento, unida por un hilo de agua; cuando la fuerza de gravedad la desprende, su superficie exterior entra en tensión, formándose una esfera al caer la gota.

Si colocamos lentamente una aguja o una hoja de afeitar de plano sobre la superficie del agua de un vaso, aunque el metal es más denso que el agua, flotará. Si observamos un estanque en primavera o verano, podremos ver insectos caminando sobre su superficie, como si ésta fuera sólida ¿Qué propiedad puedes reconocer en estos ejemplos?

2. ¿Por qué el sudor sirve para regular la temperatura del cuerpo? ¿Por qué te sientes más acalorado e incómodo en un día cálido y húmedo que en un día cálido y seco?

3. El agua recibe gran cantidad de calor sin cambiar considerablemente su temperatura, esto garantiza condiciones térmicas relativamente estables en el agua. Se debe a:

- Ser termorregulador orgánico
- Sus enlaces covalentes
- Su elevado calor específico

4. Discuta con sus compañeros el efecto de la capilaridad en las plantas.

5. ¿Por qué se dice que la molécula de agua es polar? ¿qué características brinda a esta sustancia?

6. ¿Qué son las uniones puentes de hidrógeno? ¿Qué otros enlaces conoces? ¿Qué características tienen?

7. ¿Por qué ciertas modificaciones en el pH pueden afectar la conservación de alimentos?

8. ¿Cómo afecta la acidez en las cuerdas vocales?

Las sales minerales

Tanto el líquido que hay dentro de las células como el que hay entre ellas en organismos pluricelulares, contiene una variedad de sales minerales, que desempeñan importantes funciones. Cuando estas sales se disuelven en los líquidos corporales, se disocian en iones, átomos que poseen carga eléctrica por pérdida o ganancia de uno o más electrones. Los iones de carga positiva son llamados cationes, y entre los más importantes se encuentran el sodio,

potasio, calcio y magnesio. Los iones de carga negativa son llamados aniones, y entre los más representativos se distinguen el cloruro, bicarbonato, fosfato y sulfato.

Las sales minerales desempeñan importantes funciones en procesos tales como la contracción de los músculos o la transmisión de los estímulos nerviosos. Los aniones y cationes disueltos hacen que el grado de salinidad y el pH del medio interno sean constantes, y estabilicen las soluciones coloidales

En condiciones normales la concentración de las diversas sales se conserva muy constante; cualquier desviación importante de ésta ejerce efectos intensos sobre las funciones celulares, incluso la muerte. A modo de ejemplo, las células que por falta de energía no pueden bombear el sodio desde el interior al medio extracelular, van a hincharse por acumulación de agua y finalmente, si no obtienen energía para bombear el sodio al exterior celular, mueren. De este modo, las sales minerales tienen importancia para conservar las relaciones osmóticas entre la célula y el medio que la rodea.

A veces las sales minerales se encuentran en estado sólido y aparecen en la estructura de las partes duras de un organismo vivo, como los huesos de los vertebrados y las valvas de los moluscos.

Aparece el carbono... Los compuestos orgánicos

La importancia del carbono para la vida surge de su capacidad para formar enlaces covalentes con hasta cuatro átomos, incluso con otros átomos de carbono formando largas cadenas carbonadas. Estos enlaces son relativamente estables y pueden ser simples, dobles o triples, o sea que se pueden compartir uno, dos o tres pares de electrones respectivamente.

Las moléculas orgánicas se clasifican en cuatro grandes grupos:

- a) hidratos de carbono;
- b) lípidos;
- c) proteínas y
- d) ácidos nucleicos.

Estos grupos incluyen sustancias muy dispares. Algunas son pequeñas, formadas por pocos átomos y con estructura más o menos simple. En el otro extremo del espectro encontramos, en cambio, moléculas enormes, con pesos moleculares de hasta varios millones. Estas moléculas gigantes, que llamamos **macromoléculas**, tienen siempre una particularidad: están armadas por numerosas unidades elementales. En química se le asigna el nombre de **polímero**, que significa que está formada por muchas partes. A cada una de las unidades moleculares que se repiten se la denomina **monómero** (mono: uno; mero: porción) (Fig. 14)

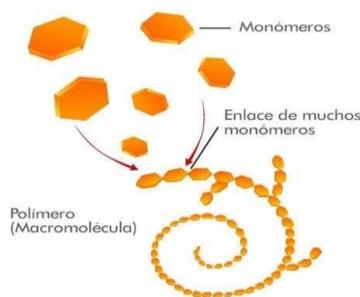


Figura 14. Monómeros y polímeros. <https://www.portaleducativo.net/cuarto-medio/9/clasificacion-de-los-polimeros>

El átomo de Carbono

El átomo de Carbono tiene propiedades únicas que le permiten la formación de las moléculas grandes y complejas esenciales para la vida. Un átomo de carbono puede formar un total de cuatro enlaces covalentes, cada enlace puede unirlo a otro átomo de carbono o a un átomo de un elemento distinto. El carbono es particularmente adecuado para funcionar como el "esqueleto" de moléculas grandes, en virtud de que los enlaces carbono-carbono son fuertes y no se rompen con facilidad. Sin embargo, no son tan fuertes para que se requiera una cantidad de energía desusada para romperlos. Dos átomos de carbono también pueden formar enlaces dobles o triples (Fig 15 a). Los átomos de carbono pueden unirse en forma lineal conformando cadenas o en forma circular formando anillos. Existen compuestos, en el que ambas conformaciones (cadena lineal y anillos) están presentes. La forma de una molécula tiene importancia para determinar sus propiedades y funciones biológicas (Fig. 15 b)

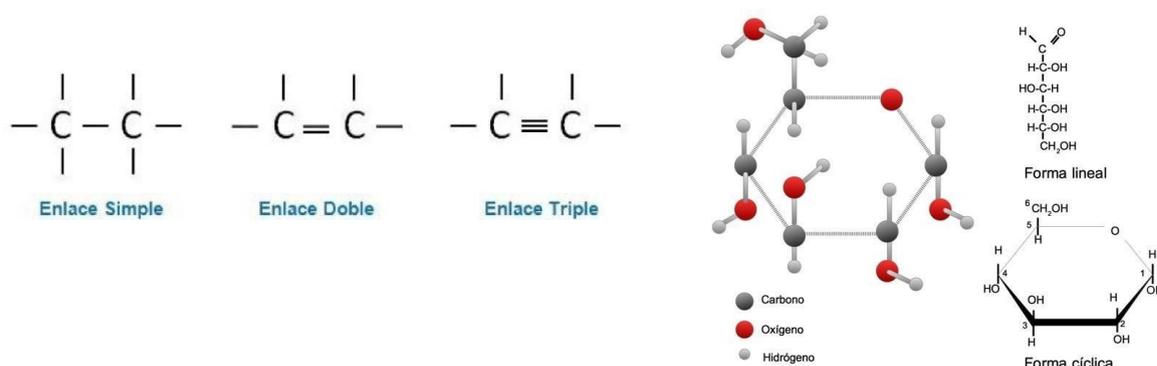


Figura 15. a) Enlaces entre átomos de carbono, b) Forma lineal y en anillo de la molécula de glucosa

Grupos funcionales

El grupo funcional es un átomo o un conjunto de átomos que confiere reactividad y comportamiento químico característicos a todos los compuestos cuyas moléculas los contengan. Se forman por la sustitución de uno o más hidrógenos de los hidrocarburos por otros átomos o

grupos de átomos. Da lugar a un gran número de compuestos orgánicos cuya clasificación se hace atendiendo al grupo funcional (Fig.16). Las propiedades químicas específicas de una molécula orgánica derivan principalmente de los grupos funcionales. Estos grupos están unidos al esqueleto de carbono, reemplazando a uno o más de los hidrógenos que estarían presentes en un hidrocarburo (compuesto orgánico formado solo por C e H). Un grupo -OH (hidroxilo) es un ejemplo de un grupo funcional. Un compuesto con un grupo hidroxilo que reemplaza a uno o más de los hidrógenos de un hidrocarburo, se conoce como alcohol. Los grupos funcionales modifican las propiedades de las moléculas orgánicas y ayudan a determinar los tipos de reacciones químicas en que participan los compuestos. La mayoría de estos grupos forman asociaciones con facilidad (por ejemplo, enlaces iónicos y enlace puente hidrógeno) con otras moléculas. Los grupos funcionales son polares y por lo tanto hidrófilos, de manera que se asocian fuertemente con las moléculas de agua. Cada clase de compuestos orgánicos se caracteriza por la presencia de uno o más grupos funcionales específicos.



Figura 16. Algunos de los principales grupos funcionales en compuestos orgánicos. Imagen de <https://leerciencia.net/clasificacion-de-los-compuestos-organicos/>

La principal fuente de energía: los hidratos de carbono

Las moléculas de carbohidratos están compuestas de carbono, hidrógeno y oxígeno en una proporción de aproximadamente 1:2:1. Esta fórmula explica el origen de la palabra carbohidrato, que literalmente significa: carbono más agua. Todos los carbohidratos son azúcares pequeños y solubles en agua o bien polímeros de azúcar, como el almidón. Si un carbohidrato está formado por una única molécula de azúcar, se llama **monosacárido** (que en griego significa azúcar única). Cuando dos monosacáridos se unen, forman un **disacárido** (dos azúcares) y un polímero con muchos sacáridos se llama polisacárido (muchos azúcares). Los carbohidratos como el **almidón** guardan energía en las células, mientras que otros carbohidratos refuerzan las paredes celulares de vegetales, hongos y bacterias, o forman el exoesqueleto del cuerpo de insectos, cangrejos y otros.

Monosacáridos

Los monosacáridos tienen un esqueleto de tres a siete átomos de carbono. Casi todos estos átomos tienen unido un grupo hidrógeno ($-H$) y un grupo hidroxilo ($-OH$); por tanto, los carbohidratos tienen la fórmula química aproximada $(CH_2O)_n$, donde n es el número de carbonos del esqueleto.

La **glucosa** es el monosacárido más común de los organismos vivos y es una unidad de muchos polisacáridos. La glucosa tiene **seis carbonos**, así que su fórmula química es **$C_6H_{12}O_6$** .

Muchos organismos sintetizan otros monosacáridos que tienen la misma fórmula química de la glucosa, aunque estructuras ligeramente distintas. Éstos incluyen la **fructosa** (el azúcar de la fruta, que está en las frutas, jarabe de maíz y miel) y la **galactosa** (parte del disacárido lactosa, llamado azúcar de la leche) (Fig. 17).



Figura 17. Ejemplos de monosacáridos. Imagen de <https://www.lifeder.com/ejemplos-de-monosacaridos/>

Los disacáridos

Los monosacáridos pueden unirse mediante reacciones de síntesis por deshidratación para formar disacáridos o polisacáridos (Fig. 18). Muchas veces, los disacáridos almacenan energía a corto plazo, especialmente en las plantas. Cuando se requiere energía, los disacáridos se degradan en sus monosacáridos por reacciones de hidrólisis y luego éstos se degradan para liberar la energía guardada en los enlaces químicos. Muchos alimentos contienen **disacáridos**. Quizá desayunaste pan tostado y café con crema y azúcar. Agregaste al café la **sacarosa** (un disacárido formado por glucosa más fructosa, molécula que guarda energía en la caña y el betabel) y agregaste también crema, que contiene **lactosa** (disacárido formado por glucosa más **galactosa**). El disacárido **maltosa** (glucosa más glucosa) es raro en la naturaleza, pero se forma cuando las enzimas del aparato digestivo hidrolizan el **almidón** (como el del pan tostado). A continuación, otras enzimas digestivas hidrolizan la maltosa en dos moléculas de glucosa que las células pueden absorber y degradar para liberar energía.

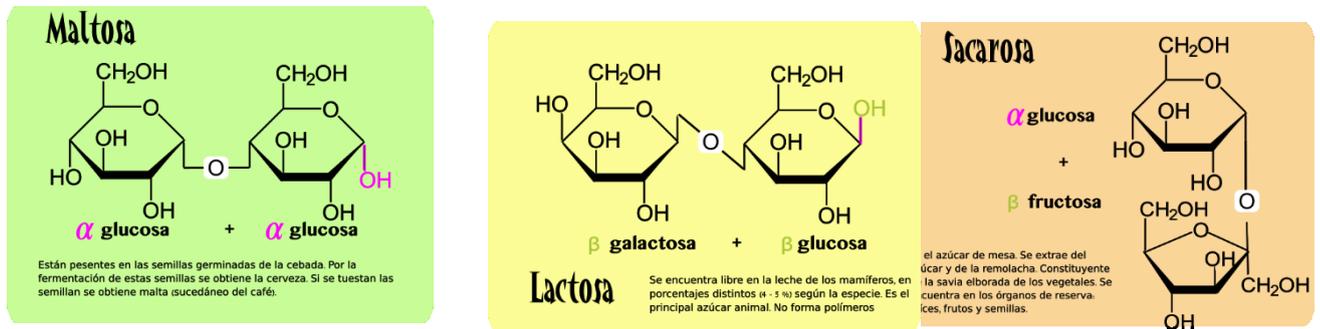


Figura 18. Ejemplos de disacáridos. Imagen de <https://skat.ihmc.us/rid=1SZML0Y6R-1BMX1SZ-3KKH/2.4%20Disac%C3%A1ridos.cmap>

Los polisacáridos

Haz la prueba de masticar una galleta mucho tiempo. ¿Sabe cada vez más dulce? Así debería ser porque con el tiempo, las enzimas de la saliva producen la hidrólisis del almidón (un polisacárido) de las galletas que está formado por moléculas de glucosa (monosacárido), que tienen sabor dulce. Las plantas aprovechan el almidón (Fig. 19) como molécula de almacenamiento de energía y los animales almacenan glucógeno, un polisacárido similar. Los dos consisten en polímeros de moléculas de glucosa. El almidón se forma en las raíces y semillas; una galleta contiene almidón de los granos de trigo. El almidón está formado por cadenas ramificadas de hasta medio millón de unidades de glucosa. El glucógeno, que se almacena en el hígado y músculos de los animales (incluyéndonos a nosotros), es también una cadena de unidades de glucosa, pero está mucho más ramificado que el almidón.

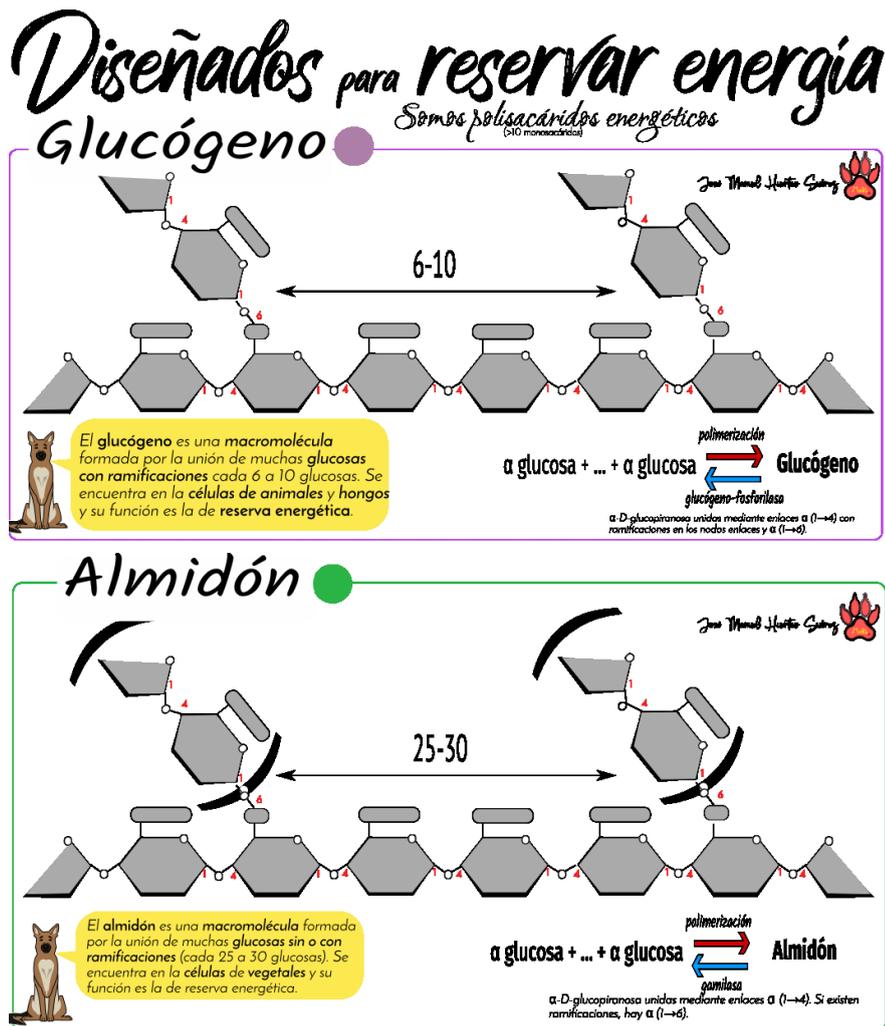


Figura 19. Glucógeno y Almidón. Polisacáridos de reserva. Imagen de

<https://cmapspublic.ihmc.us/rid=1XG19YGR8->

[175JKYRT7D/Recursos%20para%20202.1%20Qu%C3%A9%20son%20los%20gl%C3%ACidos,%20propiedades%20y%20clasificaci%C3%B3n](https://cmapspublic.ihmc.us/rid=1XG19YGR8-175JKYRT7D/Recursos%20para%20202.1%20Qu%C3%A9%20son%20los%20gl%C3%ACidos,%20propiedades%20y%20clasificaci%C3%B3n)

Muchos organismos usan polisacáridos como materiales estructurales (Fig.20). Uno de los polisacáridos estructurales más importantes es la celulosa, están hechos la mayor parte de las paredes celulares vegetales, las suaves motas de algodón del algodónero y casi la mitad del tronco de un árbol. Los ecologistas calculan que, aproximadamente, cada año los organismos sintetizan un billón de toneladas de celulosa, de modo que es la molécula orgánica más abundante en el planeta. La celulosa, como el almidón, es un polímero de glucosa. Aunque la mayoría de los animales digieren fácilmente el almidón, ningún vertebrado tiene enzimas para digerir la celulosa. Como se estudiará en el capítulo 6, las enzimas deben caber exactamente en las moléculas que degradan, y la forma del enlace de la celulosa impide que la ataquen enzimas de un animal vertebrado.

Algunos animales, como las vacas, tienen en el aparato digestivo colonias de microbios que digieren la celulosa y aprovechan las unidades de glucosa que se liberan. En el humano, las

fibras de celulosa pasan intactas por el aparato digestivo, pero aportan la fibra que evita el estreñimiento.

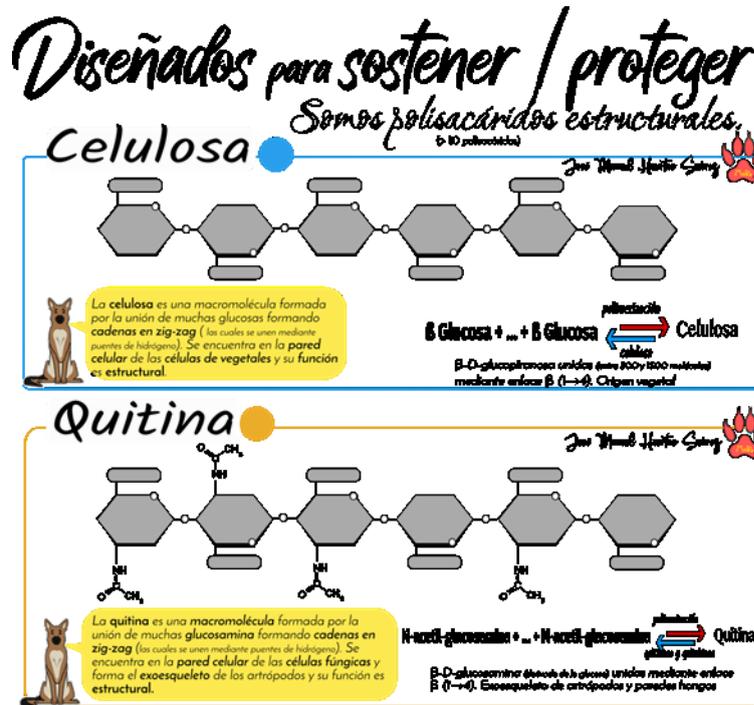


Figura 20. Polisacáridos estructurales. Imagen de <https://cmappublic.ihmc.us/rid=1XG19YGR8-175JKYRT7D/Recursos%20para%20202.1%20Qu%C3%A9%20son%20los%20gl%C3%BAcidos,%20propiedades%20y%20clasificaci%C3%B3n>

La composición de la membrana plasmática es una doble capa de fosfolípidos donde se insertan proteínas e hidratos de carbono.

¿Qué rol cumplen los hidratos de carbono en las membranas plasmáticas?



Actividad

1. Las biomoléculas inorgánicas más comunes en los seres vivos son:
 - a. Lípidos, proteínas y vitaminas.
 - b. Agua y sales minerales.
 - c. Carbohidratos y ácidos grasos.
 - d. Enzimas y ácidos nucleicos.
2. Mencione diferentes glúcidos. ¿Cuál es el más común y qué función tiene principalmente?
3. ¿Qué disacárido utilizamos para endulzar nuestras infusiones?

4. ¿Cuál es el polisacárido que más abunda en la Tierra? ¿Cuál es su función?

¿QUÉ SON LOS LÍPIDOS?

Esta es una categoría que agrupa sustancias que pueden tener estructuras químicas muy distintas. Sin embargo, todas las sustancias incluidas aquí comparten una característica fisicoquímica: su solubilidad.

Todos sabemos que no podemos mezclar agua y aceite, y que siempre que lo hagamos, en el recipiente se van a observar dos fases separadas. En cambio, si colocamos aceite u otro lípido en un solvente no polar, como el benceno, el éter, el tetracloruro de carbono o el cloroformo, obtendremos una sola fase.

Por lo general, los lípidos no presentan pesos moleculares muy altos, lo que indica que el tamaño de sus moléculas no es demasiado grande, en comparación con el de las proteínas. **Tampoco** están constituidos por **monómeros** que al unirse repetidamente formen moléculas poliméricas, como es el caso de los hidratos de carbono, que ya hemos considerado.

Como son muy heterogéneos, es conveniente que separemos a los lípidos en distintos grupos teniendo en cuenta las similitudes en la estructura química que presentan. Así podemos distinguir:

- **ácidos grasos**, por ej. palmítico, oleico, linoleico, son un importante combustible celular y forman parte de los fosfolípidos y triglicéridos;
- **fosfolípidos**, como la fosfatidilcolina y fosfatidilserina, constituyen las membranas celulares;
- **glucolípidos** y **esfingolípidos**, también forman parte de las membranas celulares y están constituidos por ácidos grasos unidos a un grupo azúcar, por ejemplo la esfingomielina, que se encuentra en forma abundante en el tejido nervioso;
- **triglicéridos** o **grasas neutras**, moléculas de reserva energética, de acuerdo con su estado físico pueden estar como grasas o aceites;
- **ceras**, como las que recubren a algunos frutos y la cera producida por las abejas;
- **terpenos**, como las vitaminas A, E y K;
- **esteroides**, como el colesterol, precursor de muchas moléculas de importancia biológica;
- **prostaglandinas**, derivadas de ácidos grasos poliinsaturados.

Veremos las características de algunos de ellos.

Ácidos grasos

Los ácidos grasos raramente se encuentran libres en los tejidos, pero conviene considerarlos por separado porque son un elemento constitutivo de varios tipos de lípidos. Por lo general poseen un número par de átomos de carbono, y pueden ser **saturados** (cadenas carbonadas unidas por **enlaces covalentes simples**) o **insaturados** (con **dobles y triples enlaces**) (Fig. 21). La longitud y el grado de saturación de las cadenas afectan la fluidez de los ácidos grasos: mientras más cortas y más insaturadas sean las cadenas, o sea con múltiples dobles y triples enlaces, más fluidos serán los ácidos grasos a temperatura ambiente.

Los ácidos grasos son importantes combustibles celulares, al igual que la glucosa, como ya hemos visto. Esto significa que pueden ser degradados con el fin de obtener parte de la energía química contenida en sus enlaces.

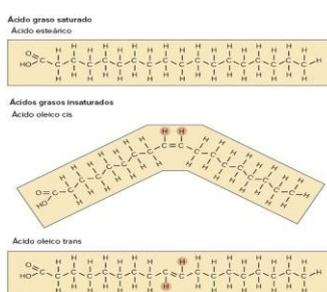


Figura 21. Ácidos grasos saturados (enlaces simples) y ácidos grasos insaturados (dobles enlaces) Imagen. <https://es.khanacademy.org/science/biology/macromolecules/lipids/a/lipids>

Fosfolípidos

La membrana plasmática que rodea a las células contiene varios tipos de fosfolípidos. Un fosfolípido es parecido a un aceite, salvo que en lugar de uno de los tres ácidos grasos que forman la "cola", hay un grupo fosfato unido a un grupo funcional polar variable, que normalmente contiene nitrógeno (Fig.22). Un fosfolípido tiene dos extremos diferentes. En un extremo hay dos "colas" de ácidos grasos no polares, que son insolubles en agua, y en el otro se encuentra una "cabeza" de nitrógeno y fosfato que es polar y soluble en agua. Como se estudiará en el Tema 3, estas propiedades de los fosfolípidos son cruciales para la estructura y funcionamiento de las membranas celulares.

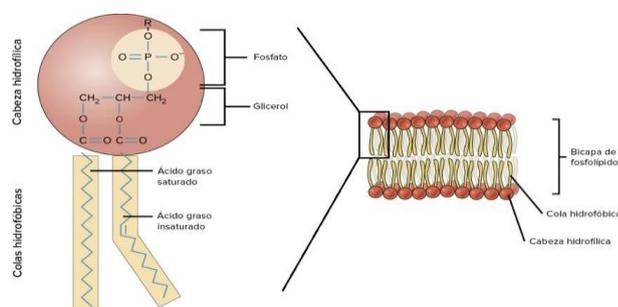


Figura 22. Esquema de un fosfolípido y su ubicación en la membrana plasmática. Imagen de <https://es.khanacademy.org/science/biology/macromolecules/lipids/a/lipids>.

Triglicéridos o grasas neutras

Como su nombre lo indica, están constituidos por tres ácidos grasos unidos al glicerol, un alcohol de 3 carbonos (Fig. 23). Los triglicéridos pueden presentarse en estado líquido a temperatura ambiente, y en este caso se denominan **aceites**. Por ejemplo, el aceite de oliva, que está formado por una molécula de glicerol y tres ácidos oleicos (ácidos grasos de 18 átomos de carbono, con un doble enlace). Si, por el contrario, son sólidos a temperatura ambiente, se denominan **grasas**, y son características de los animales, como el jamón, que constituye la grasa subcutánea.

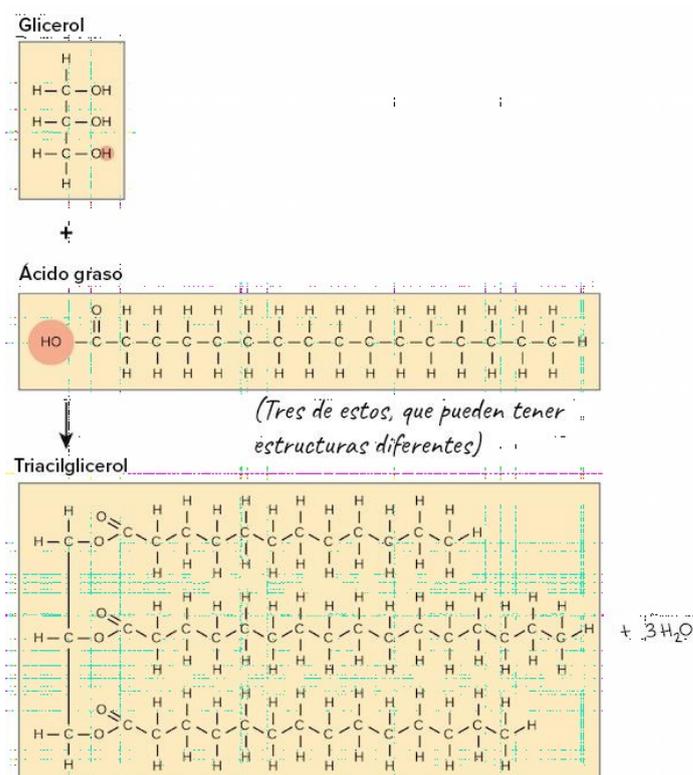


Figura 23. Formación de un triglicérido. Imagen de

<https://es.khanacademy.org/science/biology/macromolecules/lipids/a/lipids>

Los aceites y las grasas constituyen reservas energéticas que se acumulan en las células de muchos organismos (algas, vegetales, animales). Cuando se necesita energía, el triglicérido es hidrolizado, es decir, se desdobra en sus componentes, el glicerol y los ácidos grasos. Estos últimos quedan entonces disponibles para ser utilizados como combustibles, y suministran energía mediante su degradación.

Ceras

Como las ceras están constituidas por un ácido graso unido a un alcohol de muchos carbonos son sustancias sólidas, que pueden ablandarse y moldearse mediante calor. Cumplen diversas funciones:

- como **cubiertas protectoras**, impermeabilizantes o lubricantes, en la piel, el pelo, las plumas o las cutículas de animales. Por ej.: la lanolina de la lana de ovejas y la película que recubre el exoesqueleto de insectos, o la cera que recubre las plumas de los patos (Fig. 24), que no se mojan;
- como **cubiertas protectoras en hojas y frutos**. Ej.: la cera que recubre la cutícula de las cerezas, que impide la pérdida de agua y es repelente de insectos, y
- como **sustancias estructurales**. Ej.: la cera de abejas, utilizada por estos insectos
- para construir sus panales.

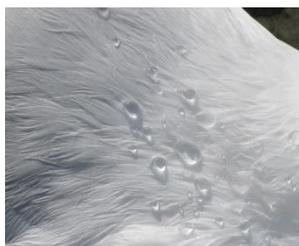
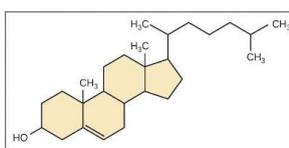


Figura 24. Gotas de agua sobre las plumas impermeables de una gaviota. Imagen de <https://matthewwills.com/2013/02/26/nape/>

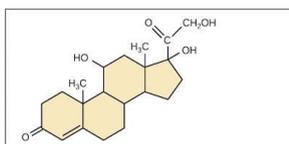
Esteroides

Dentro de la diversidad estructural de los lípidos, el **colesterol** es el más diferente desde el punto de vista químico, y ya no presenta ácidos grasos en su constitución. Son derivados de un hidrocarburo que posee cuatro anillos cíclicos. Algunos representantes importantes de este grupo son:

- el colesterol (Fig. 25), constituyente de membranas celulares y precursor de otros esteroides, como los citados a continuación:
- la vitamina D (calciferol);
- los ácidos biliares, que intervienen en la digestión de las grasas mediante su capacidad emulsionante o detergente;
- las hormonas sexuales y de la corteza suprarrenal.



Colesterol



Cortisol

Figura 25. Estructura química del colesterol y del cortisol, una hormona glucocorticoide. Imagen de <https://es.khanacademy.org/science/biology/macromolecules/lipids/a/lipids>

Para resumir la información...

El estudio de los lípidos tiene especial interés desde el punto de vista biológico, pues desempeñan importantes funciones, que resumiremos brevemente:

- ✓ son componentes esenciales de los seres vivos, en los que constituyen parte fundamental de todas las membranas celulares, donde cumplen la función de barrera de permeabilidad selectiva;
- ✓ en los animales forman el principal material de reserva energética, en forma de grasas neutras o triglicéridos;
- ✓ desde el punto de vista nutritivo, los lípidos de los alimentos son importantes fuentes de energía por su alto contenido calórico, y además vehiculizan vitaminas liposolubles;
- ✓ con este grupo de compuestos están relacionadas numerosas sustancias de importante actividad fisiológica, como algunas vitaminas, hormonas, ácidos biliares, etc.



Actividad

1. ¿Qué tipo de fuente de energía debería consumir un atleta 3 o 5 horas antes de una competencia? ¿Lípidos o glúcidos? ¿Por qué?
2. ¿Por qué algunos órganos, como por ejemplo los riñones, están rodeados de una capa de grasa? (Por razones que aún no se comprenden, estos depósitos de grasa permanecen intactos, aun en estados de inanición).
3. ¿Por qué los patos, los pingüinos y otros animales de hábitos acuáticos no se mojan?
4. ¿Qué función cumplen los lípidos de la membrana plasmática?
5. ¿Sabías que las hormonas sexuales masculinas y femeninas son derivadas del colesterol? ¿Qué función cumplen los lípidos en este ejemplo?
6. Con todos estos ejemplos y las respuestas obtenidas podrás relacionar las funciones de los lípidos a partir de conocimientos cotidianos.

LAS PROTEÍNAS

Ahora se suma el nitrógeno: los compuestos orgánicos cuaternarios.

Las proteínas son las macromoléculas más versátiles desde el punto de vista funcional, ya que, como veremos, cumplen gran diversidad de funciones dentro de las células. Además son el producto final que se obtiene cuando se descifra el mensaje contenido en el ADN.

Muchas de las proteínas intracelulares son enzimas, que aceleran (catalizan) reacciones metabólicas que se producen dentro de los seres vivos. Otras proteínas permiten que las células realicen trabajo, mantengan la rigidez interna y transporten moléculas a través de las membranas. Algunas incluso dirigen su propia síntesis o la de otras macromoléculas.

Las proteínas son complejas moléculas formadas por **subunidades** llamadas **aminoácidos**. Por lo tanto, las proteínas son polímeros de aminoácidos. Los aminoácidos son componentes orgánicos sencillos, y en las proteínas naturales se han encontrado unos 20 tipos de aminoácidos diferentes. La gran mayoría de las proteínas posee entre 100 y 300 aminoácidos. Todos los aminoácidos presentan la misma **constitución básica**: un **grupo ácido carboxílico**, y un **grupo amino**, ambos unidos al mismo átomo de carbono, llamado carbono alfa (Ca). Los otros dos enlaces de este carbono están ocupados por un átomo de hidrógeno y en el extremo opuesto un grupo llamado "R", que es la única porción que varía para cada uno de los 20 aminoácidos, como lo muestra el siguiente esquema:

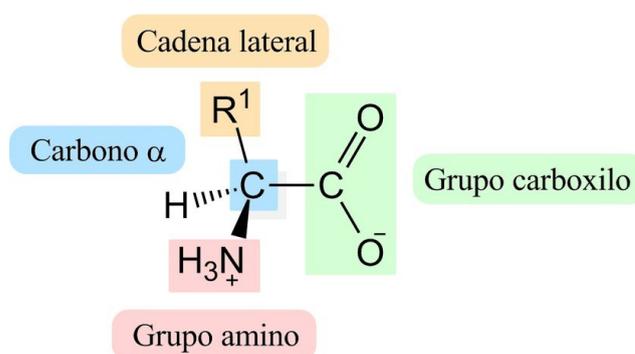


Figura 26. Estructura de un aminoácido. Imagen de <https://es.quora.com/Cu%C3%A1les-son-los-mon%C3%B3meros-de-las-prote%C3%ADnas-l%C3%ADpidos-y-%C3%A1cidos-nucleicos>

En la misma molécula coexisten dos grupos químicos de comportamiento opuesto: el grupo carboxilo, de carácter ácido, y el grupo amino, de carácter básico.

La unión entre los distintos aminoácidos para formar proteínas se produce entre el grupo amino de un aminoácido con el grupo carboxilo del siguiente, y el enlace fuerte que se forma se denomina enlace peptídico (Fig. 27).

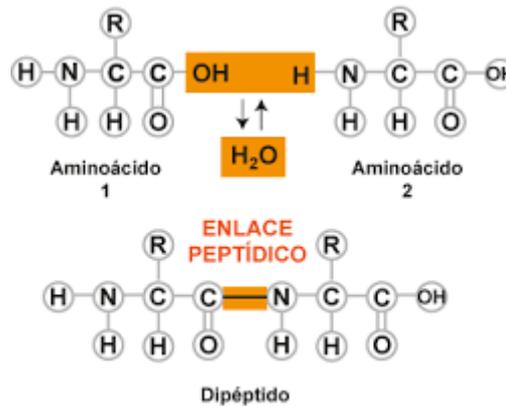


Figura 27. El enlace peptídico. Imagen de <http://objetos.unam.mx/biologia/moleculasOrganicas/index.html>

Estos polímeros difieren de los polisacáridos antes vistos en un aspecto fundamental: cada tipo particular de proteína tiene una secuencia (u ordenamiento) de aminoácidos distintos que es exclusiva de ella.

Y es muy importante que se respete este ordenamiento para que la proteína pueda cumplir con su función, ya que un aminoácido faltante o colocado fuera de lugar dentro de la cadena puede inhabilitar a la proteína funcionalmente. Esta larga cadena que se forma por la unión de sucesivos aminoácidos no permanece estirada sino que luego se pliega adoptando una conformación también característica de cada proteína, y que también es esencial para su actividad biológica.

La forma de las proteínas está dada por cuatro niveles estructurales:

- **Estructura primaria** de una proteína es la disposición lineal, o secuencia, de restos de aminoácidos que constituyen la cadena polipeptídica (Fig.28)

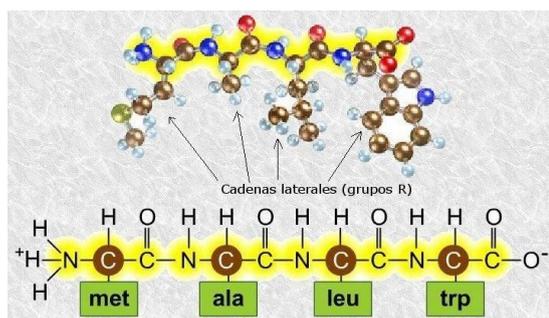


Figura 28. La estructura primaria de las proteínas se caracteriza por un esqueleto monótono de átomos de carbono y nitrógeno, del que se proyectan lateralmente las cadenas R de los distintos aminoácidos. Imagen de <https://www.bionova.org.es/biocast/documentos/figura/figtem08/imagenes8/imagepages/image8.html>

- **Estructura secundaria** es la organización de partes de una cadena polipeptídica, que puede adoptar distintas disposiciones espaciales. En general, se producen por enlaces

tipo puentes de hidrógeno entre los grupos R de los aminoácidos de la cadena polipeptídica (Fig. 29);

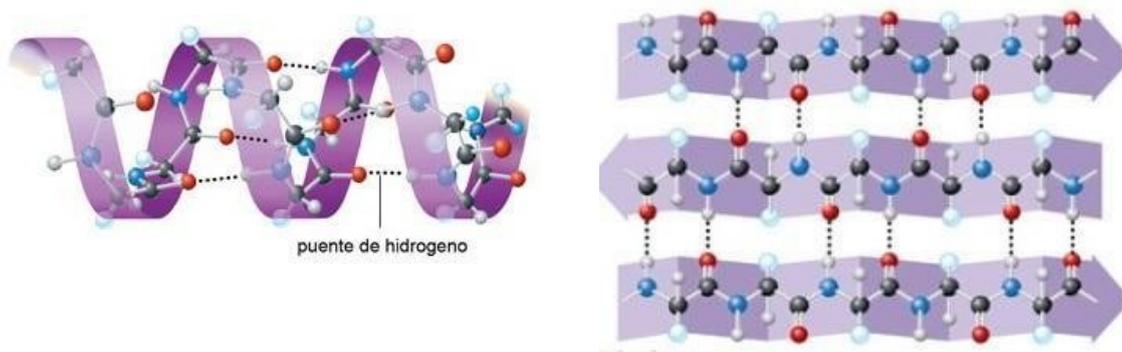


Figura 29. Estructura secundaria: a la izquierda, la hélice α . A la derecha, la hoja plegada β
<https://lidiakonlaquimica.wordpress.com/2015/07/04/niveles-de-organizacion-de-las-proteinas/>

- **Estructura terciaria** se refiere a la conformación global de una cadena polipeptídica, o sea a la disposición tridimensional de todos los restos de aminoácidos. La estructura terciaria se estabiliza mediante interacciones hidrófobas entre las cadenas laterales de aminoácidos no polares, y en algunas proteínas, por medio de puentes disulfuro. Este tipo de organización estructural es la que hace a las proteínas funcionales (Fig. 30);

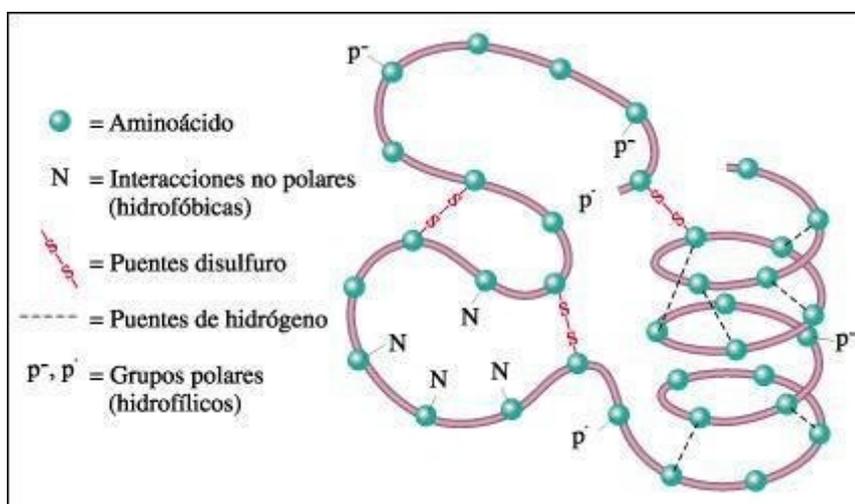


Figura 30. Estructura terciaria conformada por diferentes enlaces químicos. Imagen de
<https://twitter.com/JavierSalva01/status/1197264106203602945>

- **Estructura cuaternaria** sólo se observa en las proteínas que están constituidas por más de una cadena polipeptídica; por ejemplo en las inmunoglobulinas que posee cuatro (dos cadenas livianas y dos cadenas pesadas), o en la insulina que posee dos. Estas cadenas se mantienen unidas mediante enlaces no covalentes (Fig. 31).

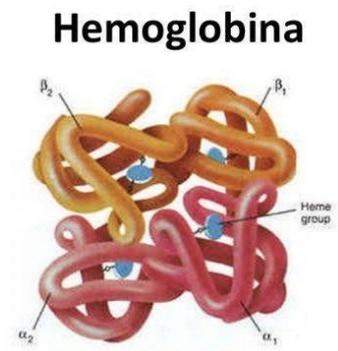


Figura 31. La estructura cuaternaria de la hemoglobina en adultos consiste en cuatro cadenas: dos cadenas α y dos cadenas β cada una con una molécula llamada grupo hemo que contiene hierro. Imagen de

<https://twitter.com/elisaromerobl/status/1186223146376007680/photo/1>

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, las proteínas pueden adoptar distintas configuraciones, y pueden ser alargadas, formando largas fibras, o pueden ser algo esféricas, y la estructura que poseen está directamente relacionada con la función que cumplen.

Así tenemos entonces:

- **proteínas fibrosas:** constituidas por cadenas ordenadas paralelamente a lo largo de un eje; el resultado es la formación de fibras o láminas. Esta disposición les otorga resistencia e insolubilidad en agua y solventes acuosos, propiedades que las hacen adecuadas para las funciones estructurales, como constitución de esqueletos, cubiertas protectoras, etc. Son proteínas fibrosas la queratina de la piel, cabello, uñas, plumas, cuernos y el colágeno de los tendones y de la matriz orgánica del hueso;
- **proteínas globulares:** formadas por cadenas que se pliegan hasta adoptar formas esféricas. Son generalmente solubles en agua y soluciones acuosas. Desempeñan funciones múltiples, entre las cuales conviene citar, por su importancia:
 - **función catalítica**, que como ya hemos consignado consiste en acelerar la velocidad de las reacciones, para que puedan producirse en el organismo. Esta tarea es llevada a cabo por proteínas especiales que se denominan enzimas;
 - el **transporte de sustancias**, como la **hemoglobina**, que transporta oxígeno gaseoso en el interior de los glóbulos rojos;
 - la **defensa del organismo**, que es llevada a cabo por los **anticuerpos** (gamma-globulinas) que forman parte del sistema inmunitario;
 - la **regulación endocrina**, dado que algunas hormonas son de naturaleza proteica, como la **insulina**, la hormona del crecimiento y otras hormonas de la adenohipófisis.

Hay algunas proteínas con características de uno y otro tipo; por ejemplo, con estructuras alargadas (como las fibrosas) pero solubles en soluciones acuosas (como las globulares). En este grupo ubicamos a la **miosina**, una de las proteínas que interviene en la contracción muscular, y al fibrinógeno, precursor de la fibrina, que participa en el mecanismo de coagulación sanguínea.

Es importante destacar que la notable multiplicidad de funciones en las que las proteínas están comprometidas es consecuencia de la gran diversidad de estructuras que pueden construirse con los distintos ordenamientos de los veinte aminoácidos.



Actividad

1. ¿Cuál es la definición de proteína?

- a) Son polímeros constituidos por la unión, mediante enlaces químicos, de unidades menores denominadas nucleótidos.
- b) Son biomoléculas orgánicas formadas básicamente por carbono e hidrógeno y generalmente también oxígeno; pero en porcentajes más bajos.
- c) Son polímeros formados por la unión, mediante enlaces peptídicos, de unidades de menor masa molecular denominadas aminoácidos.

2. Para que comprendas que la función biológica de cada proteína está determinada por su estructura, te proponemos que investigues el nivel de organización, la función y el lugar donde se encuentran las siguientes proteínas: hemoglobina - colágeno - inmunoglobulinas - queratina - miosina - albúmina.

3. La insulina es una hormona proteica que regula la concentración de glucosa en sangre. ¿Qué problemas de salud provoca la deficiencia de esta hormona?

¿Sabías que la acetilcolina liberada en el espacio sináptico es una proteína que se une a un receptor de la membrana post sináptica favoreciendo la transmisión del impulso nervioso?

Leer el siguiente artículo: El fonoaudiólogo en los trastornos de alimentación
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8041155>

Las macromoléculas responsables de la herencia: los ácidos nucleicos

Son compuestos cuaternarios que además poseen P (fósforo) en su composición, responsables del control de todas las funciones celulares y, además, de la transmisión de la información hereditaria a las nuevas generaciones.

Por sus estructuras primarias ambos son polímeros lineales formados por subunidades básicas que se repiten: los nucleótidos.

Los nucleótidos entonces son monómeros de cuya polimerización resultan los ácidos nucleicos. Pero la importancia de los nucleótidos no se limita a este papel; algunos están a cargo de funciones esenciales para el metabolismo celular.

Comencemos, entonces, a analizar su estructura

Un **nucleótido** es un monómero complejo porque, a su vez, está formado por **tres moléculas** unidas como muestra la Fig. 32:

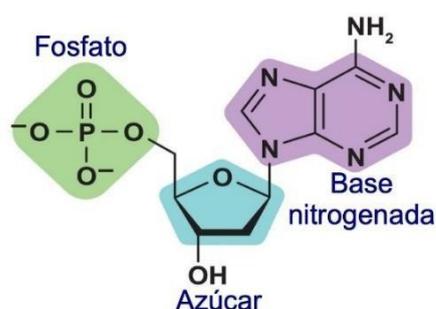


Figura 32. Estructura de un nucleótido: ácido fosfórico (grupo fosfato); pentosa y una base nitrogenada.

El azúcar pentosa puede ser de dos tipos: ribosa o desoxirribosa.

La base nitrogenada puede pertenecer a dos categorías:

- a) derivadas de la **purina**, que incluye:
 - adenina
 - guanina
- b) derivadas de la **pirimidina**, donde se encuentran:
 - citosina
 - timina
 - uracilo

Con las moléculas mencionadas se pueden construir nucleótidos de dos tipos: **ribo nucleótidos** y **desoxirribonucleótidos**.

Los **ribonucleótidos** y **desoxirribonucleótidos** son los eslabones que constituyen los ácidos nucleicos pero además, los **nucleótidos**, sin polimerizarse, pueden intervenir en otras dos funciones, relacionadas con el metabolismo celular:

- a) como moléculas especializadas en la transferencia de energía química;
- b) como parte de moléculas que colaboran en la tarea catalítica de las enzimas, las llamadas coenzimas.

Podemos adelantar algunos detalles referidos a la molécula que actúa como intermediario energético más importante en todas las células: el ATP.

ATP es la sigla con la cual se identifica a la adenosina - trifosfato, un nucleótido constituido por:

- adenina;
- ribosa y
- 3 grupos de ácido fosfórico enlazados consecutivamente (Fig. 33).

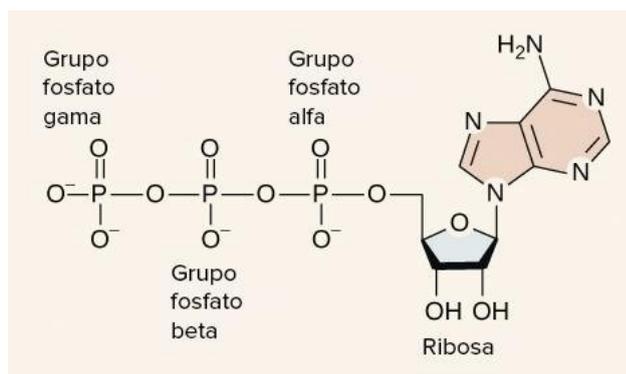


Figura 33. Estructura del ATP. Imagen de <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/cellular-energetics/cellular-energy/a/atp-and-reaction-coupling>.

Los enlaces entre los dos grupos de ácidos fosfóricos terminales tienen la particularidad de poseer un elevado contenido de energía. El ATP puede ceder con relativa facilidad la energía de ese enlace para las actividades celulares que la requieran. De ese modo pierde su última molécula de ácido fosfórico (Fig. 34). De la misma manera, el ADP es un aceptor de la energía química proveniente de otras reacciones; esa energía es utilizada en la creación de un enlace (~) con un ácido fosfórico: El adenosintrifosfato (ATP) queda así disponible para su uso posterior.

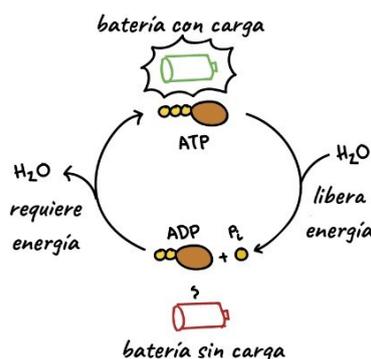


Figura 34. ATP y ADP como una "batería recargable": El ATP, la batería cargada, tiene energía que puede ser utilizada para alimentar reacciones celulares. Una vez que la energía ha sido utilizada, la batería descargada (ADP) debe recargarse antes poder usarla de nuevo como fuente de poder. Imagen de <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/cellular-energetics/cellular-energy/a/atp-and-reaction-coupling>

Muchas de las enzimas conocidas muestran su actividad catalítica solamente cuando cuentan con la "colaboración" de otras sustancias, las denominadas coenzimas. Algunas de las coenzimas importantes son nucleótidos o derivados de nucleótidos, por ejemplo:

- NAD: nicotinamida-adenina-dinucleótido;
- FAD: flavina-adenina-dinucleótido.

Estas coenzimas son elementos indispensables para la actividad de un grupo de enzimas que catalizan reacciones de oxidorreducción, y volveremos a verlas más adelante.

Ácidos Nucleicos

Por último, veamos de qué manera se combinan los nucleótidos para formar largos polímeros que llamamos ácidos nucleicos.

En primer lugar, podemos distinguir entre dos tipos de ácidos, cada uno derivado de una sola clase de nucleótidos:

- ARN = ácido ribonucleico, polímero de ribonucleótidos;
- ADN = ácido desoxirribonucleico, polímero de desoxirribonucleótidos.

Como ya vimos, los ácidos nucleicos son las macromoléculas que contienen la información que determina la secuencia de aminoácidos en una proteína y forman las estructuras celulares que eligen los aminoácidos de una cadena proteica y luego los unen en el orden correcto.

El ácido desoxirribonucleico (ADN) y el ácido ribonucleico (ARN) tienen grandes semejanzas químicas, y algunas diferencias (Fig. 35).

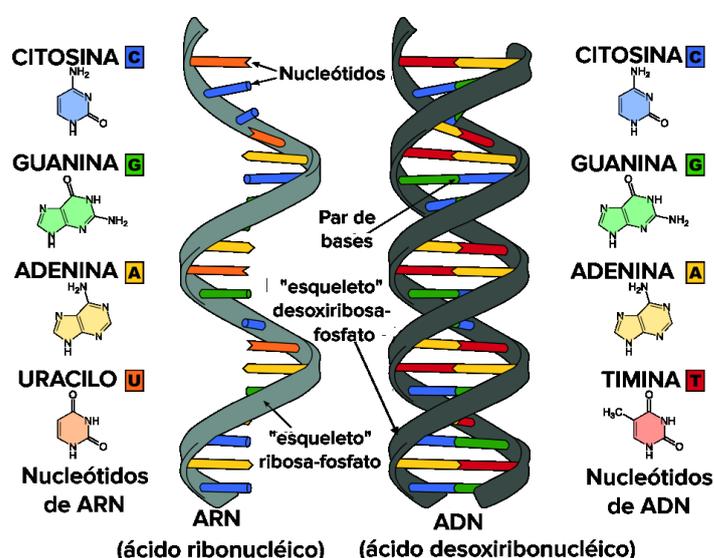


Figura 35. Semejanzas y diferencias entre el ARN y ADN. Imagen de <https://es.khanacademy.org/science/high-school-biology/hs-molecular-genetics/hs-rna-and-protein-synthesis/a/hs-rna-and-protein-synthesis-review>

Ácido ribonucleico (ARN)

El ARN es una cadena lineal, resultado de la unión entre el grupo fosfórico de un nucleótido y la ribosa del siguiente.

Así, el ARN puede considerarse como un esqueleto o eje donde se alternan sucesivamente:

...ácido fosfórico – ribosa – ácido fosfórico – ribosa – ácido fosfórico – ribosa...

Y una secuencia de bases nitrogenadas que es característica de cada ARN particular:

... C- G- G- U- C- C- U- ...

Pueden diferenciarse tres tipos de ARN, muy distintos entre sí en cuanto al número de nucleótidos que poseen, y a la disposición espacial de la molécula. Sin embargo, todos tienen la misma estructura general, y se complementan en la realización de una actividad común: la síntesis de proteínas.

Los tres tipos de ARN son:

- ARNm o ARN mensajero;
- ARNt o ARN de transferencia y
- ARNr o ARN ribosómico.

La síntesis de proteínas es un proceso complejo. Una proteína tiene una secuencia única, exclusiva, de aminoácidos distintos. Su síntesis exige, por lo tanto, una información que indique:

- qué aminoácidos la componen y
- en qué orden o secuencia deben ubicarse.

Sólo queremos remarcar aquí algunos puntos de importancia referidos a las funciones de los ARN...

Las funciones de los ARN en la síntesis de proteínas pueden resumirse como sigue:

- el ARNm es portador de un mensaje en código que determina, uno por uno, todos los aminoácidos componentes de una proteína;
- el ARNt es el encargado de descifrar el código del ARNm y de transportar el aminoácido adecuado hasta su sitio específico en la cadena proteica en formación;
- el ARNr forma parte de un organelo celular, el ribosoma, que interviene a modo de “señalador” del sector del mensaje que está descifrando.

Los ARN llevan a cabo una tarea de máxima importancia para el funcionamiento de la célula. Pero, si bien son indispensables en esa función, los ARN son sólo operadores que ejecutan órdenes. Como veremos a continuación, el verdadero archivo de la información celular no reside en ellos sino en el ADN.

Ácido desoxirribonucleico (ADN o DNA)

El ADN está constituido por dos cadenas lineales, cada una de las cuales resulta de la unión entre el grupo fosfórico de un nucleótido y la desoxirribosa del siguiente. Además, las dos cadenas están enfrentadas por sus bases nitrogenadas, entre las cuales se establecen uniones de tipo puente de hidrógeno (señaladas con líneas de puntos).

La doble cadena se arrolla en forma de hélice alrededor de un eje, como si fuera una escalera-caracol (Fig. 36):

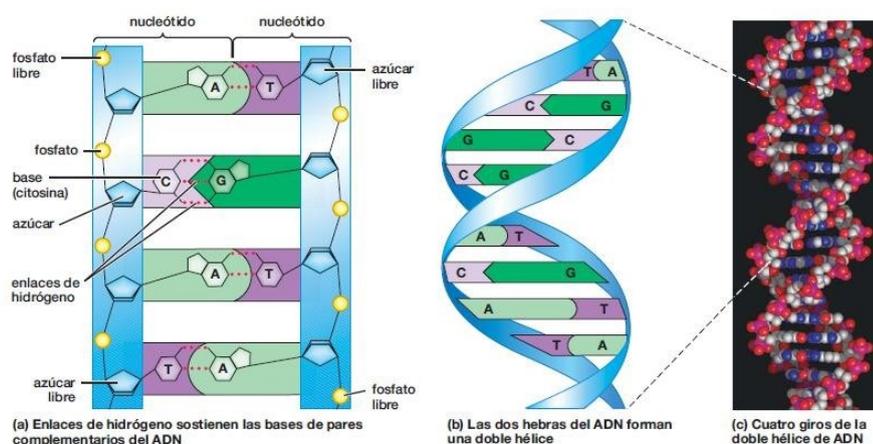


Figura 36. Estructura de la doble hélice. (a) Enlaces de hidrógeno entre pares de bases complementarias unen las dos hebras del ADN. Tres enlaces de hidrógeno unen la guanina con la citosina y dos enlaces unen la adenina con la timina. Cada hebra tiene un fosfato libre en un extremo y un azúcar libre en el extremo opuesto. Además, las dos hebras corren en direcciones opuestas. (b) Las hebras del ADN se enrollan una sobre la otra en una doble hélice, como una escalera de caracol, con la columna de fosfato y azúcar que forma las verticales y los pares de bases complementarias, los peldaños. (c) Modelo volumétrico de la estructura del ADN. Audersik, 2013

Interpretemos esta "escalera-caracol".

- Los pasamanos serían los esqueletos de los sucesivos ... ácido fosfórico - desoxirribosa - ácido fosfórico - desoxirribosa.
- Cada escalón estaría formado por un par de bases nitrogenadas enfrentadas y unidas. El apareamiento de bases es muy específico, ya que el espacio en la hélice no puede ser ocupado por un par cualquiera. Se ha determinado que siempre se enfrentan: adenina - timina y citosina - guanina.
- Entre la adenina y la timina se establecen dos puentes de hidrógeno; entre la citosina y la guanina, tres.

Estas restricciones respecto de las bases nos hacen arribar a una conclusión.

Las dos cadenas de ADN no son idénticas ni en la secuencia de sus bases, ni en la composición en bases. Son, en cambio, cadenas complementarias.

El modelo que explica la estructura tridimensional del ADN fue propuesto en 1953 por J. Watson y F. Crick. Este modelo resultó de enorme utilidad. Por un lado, justificó muchas de las propiedades físicas y químicas del ADN que se habían comprobado en el laboratorio pero también, y por otro lado, permitió plantear un mecanismo que explicara una de las características más sorprendentes de esta macromolécula: su capacidad de duplicación o replicación exacta.

Este contenido tan valioso, almacenado en un lenguaje de códigos, en la particular secuencia de nucleótidos de cada molécula de ADN, es mantenido dentro del núcleo de la célula y allí es transcrito en las moléculas de ARN, como veremos luego.

Éstas cumplen la tarea de sintetizar las proteínas, siguiendo las instrucciones que copiaron del ARN. Las proteínas formadas intervendrán, posteriormente, en muchas y diversas funciones relacionadas con la estructura y el metabolismo celular.

La información genética que hace posible estos fenómenos es el principal elemento de la transmisión hereditaria, porque proporciona a las células hijas (o al organismo hijo) las mismas aptitudes que poseía la célula (u organismo original). La transmisión de caracteres hereditarios se logra mediante la duplicación exacta del ADN, y la transferencia de una de las copias a cada célula hija.

¿Por qué le asignamos una trascendencia especial a la replicación del ADN?

La respuesta radica en la importancia de la información que contiene y hace posible la organización y el funcionamiento de cada célula particular y del organismo completo: la "información genética".



Actividad

1. Observando las figuras y con la información brindada en el texto resume en pocas palabras las diferencias estructurales y funcionales entre los dos tipos de ácidos nucleicos.
2. ¿Cómo está formado un nucleótido? ¿En qué se diferencia con un nucleósido?

BIBLIOGRAFÍA

Audesirk, Teresa; Audesirk, Gerald; Byers, Bruce E. (2013). *Biología. La vida en la Tierra. Con fisiología*. 9ª Ed. Pearson Educación de México, S.A de C.V., México. ISBN: 978-607-32-1526-8.

Biología. Conceptos básicos. (2015). Secretaría Académica Dirección de Articulación, Ingreso y Permanencia. Universidad Nacional del Litoral.

Curtis H. y Barnes S., (2000) *Biología*. Buenos Aires, Argentina. 6ª Edición, Editorial Médica Panamericana.

Escudero N. y col., (2017). *Guía de trabajos prácticos de Biología General y Celular*. San Luis, Argentina. Nueva Editorial Universitaria-UNSL.

SITIOS WEB

Megías, M., Molist, P., & Pombal, M. (2017). *Atlas de histología animal y vegetal*. Vigo, España: Universidad de Vigo. Recuperado de https://www.uvigo.gal/uvigo_es/

Sabbatino, V., Lassalle, A., & Márquez, S. (2007). *Biología celular y humana. Guía Práctica*. Ediciones WorldCopy. Recuperado de <https://www.genomasur.com>

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN CELULAR

Clasificación y origen de las células. Morfología y función. La célula procariótica. Características morfológicas y funcionales. Clasificación. La célula eucariótica. Características morfológicas y funcionales. Núcleo. Membrana plasmática y pared celular. Transporte a través de membranas. Tipos de transporte. Sistema de endomembranas. Retículo endoplásmico rugoso y liso. Sistema de Golgi. Lisosomas. Peroxisomas. Ribosomas. Mitocondrias. Citosol. Citoesqueleto.

La biología molecular ha mostrado que hasta los más sencillos de todos los sistemas vivientes en la Tierra hoy, las células bacterianas, son objetos extremadamente complejos. Aunque las células bacterianas más diminutas son increíblemente pequeñas, y pesan menos de 10–12g, cada una es en realidad una verdadera fábrica microminiaturizada que contiene miles de piezas exquisitamente diseñadas de intrincada maquinaria molecular, compuesta en total de cien mil millones de átomos, mucho más complicada que cualquier máquina construida por el hombre y absolutamente sin paralelo en el "mundo inanimado".

OBJETIVOS:

- Mencionar los postulados de la Teoría Celular.
- Clasificar a los seres vivos en sus correspondientes Dominios y Reinos.
- Describir la célula Procariota reconociendo las funciones de sus estructuras.
- Describir la célula Eucariota reconociendo las funciones de sus estructuras
- Comprender la compartimentalización de las células eucariotas.
- Identificar la estructura, morfología y función de las organelas.
- Reconocer la importancia de las organelas en los diferentes procesos metabólicos.
- Diferenciar las características principales entre las células de organismo vegetales, animales levaduras.

TEORÍA CELULAR

La historia del desarrollo de la teoría celular es un ejemplo muy interesante de cómo se construye el conocimiento científico.

Los científicos dedicados al estudio de un determinado tema hacen interpretaciones de sus experimentos y también de los que realizan sus colegas. Con nuevos experimentos surgen diversas teorías y llega un momento en que la comunidad científica confirma y acepta alguna de ellas.

La teoría celular, es una parte fundamental de la Biología que explica la constitución de la materia viva por células y el papel que éstas tienen en la constitución de la vida.

En el Siglo XVII el científico inglés Robert Hooke, usando un microscopio simple fabricado por él, notó que el corcho y otros tejidos vegetales estaban constituidos por pequeñas cavidades separadas por paredes y llamó a estas cavidades células, pero esta palabra no adoptó su significado actual como la unidad básica de la materia viva hasta 150 años después.

En 1838 dos científicos alemanes señalaron que plantas y animales estaban formados por grupos de células y que estas eran la unidad básica de los organismos vivos.

En 1858 Virchow establece que sólo se formaban células nuevas a partir de una célula preexistente, o sea que la célula no se formaba por generación espontánea, idea originada por Aristóteles que perduró a través de los siglos y que fue descartada por Louis Pasteur entre 1859 y 1861.

En 1880 otro biólogo, Weismann, estableció que todas las células que existen actualmente tienen su origen en tiempos ancestrales.

Tal como se la considera hoy, la Teoría Celular, puede resumirse en cuatro proposiciones o postulados:

- ❖ Todos los organismos están compuestos de células.
- ❖ Las células provienen de otras células preexistentes.
- ❖ En las células tienen lugar las reacciones metabólicas de organismo.
- ❖ Las células contienen el material hereditario.

¿Qué es la célula?

Si consideramos lo anterior, podemos decir que la célula es la unidad estructural, ya que todos los seres vivos están formados por células; es la unidad de función, porque de ella depende nuestro funcionamiento como organismo y es la unidad de origen porque no se puede concebir a un organismo vivo si no está presente al menos una célula.



Actividad

-
- 1) Lee las diferentes definiciones de célula e identifica en cada una de ellas diferentes características celulares.

“fábrica química que toma moléculas del exterior y mediante reacciones químicas las rompe, reacomoda y recombina para formar otras moléculas que se ajusten a sus necesidades”;

“vehículo a través del cual se transmite la información hereditaria (ADN) que define cada especie. Además, determinada por esta misma información, la célula contiene la maquinaria necesaria para obtener materiales del ambiente y generar una nueva célula a su imagen que contendrá una nueva copia de la información hereditaria”;

“sistema de menor complejidad que realiza todas las funciones características de los seres vivos. Sus componentes se relacionan funcionalmente con el objetivo de mantener a la célula viva y reproducirla. Además, es un sistema abierto ya que tiene una estrecha relación con el ambiente que la rodea, responde a estímulos generados por éste y realiza un intercambio constante de moléculas”.

¿Cómo se presentan las células en los seres vivos?

Gran parte de los seres vivos presenta un grado de organización celular, conocidos como organismos unicelulares. La morfología, tamaño, formas de nutrición y otras características permiten ubicarlos en los reinos Monera y Protista, según Whittaker.

De esta manera, cuando estudiemos un organismo unicelular completo, lo que estaremos estudiando es una célula. Otros organismos, con un grado de organización más compleja pueden formar agregados multicelulares (muchos individuos juntos) denominados colonias. Dentro de este grupo podemos mencionar a diferentes tipos de algas pertenecientes al Reino Protista. Por otro lado, existen seres vivos con organización pluricelular que se ubican en los reinos Animalia, Plantae y Fungi. En estos organismos existe una acción coordinada y simultánea de muchas células (millones en el caso de animales y vegetales superiores). Éstas se agrupan según su estructura y función en tipos celulares, los que a su vez se agrupan en tejidos, órganos y sistemas de órganos. Ya que en el mundo existe una gran diversidad de organismos a los que el ser humano ha intentado agrupar desde la antigüedad. Esta idea de colocarlos en diferentes conjuntos ha facilitado mucho su estudio. Al principio, las agrupaciones se basaban en similitudes morfológicas entre ellos, es decir, estaban relacionadas a estructuras que tenían en común los miembros de un mismo grupo. Luego, con el advenimiento de las técnicas de Biología Molecular y la profundización del estudio del ADN, las clasificaciones fueron cambiando rápidamente.

Actualmente, se concibe a la clasificación de los organismos vivos, en 3 grandes grupos muy abarcativos denominados “Dominios”. Ellos son: Archaea, Bacteria y Eukarya (Fig. 1). Los dos primeros están conformados sólo por organismos unicelulares procariotas. El Dominio Eukarya se conforma de subgrupos de organismos pluricelulares eucariotas, tradicionalmente ubicados en la categoría de dos “Reinos” como son: plantas, animales, hongos y protistas. Dado los recientes

estudios moleculares que han aclarado las relaciones evolutivas entre estos grupos, y el reciente descubrimiento de la inmensa diversidad de los protistas, la tendencia actual es organizar la diversidad de los eucariotas en categorías denominadas Supergrupos, que incluyen grupos relacionados evolutivamente.

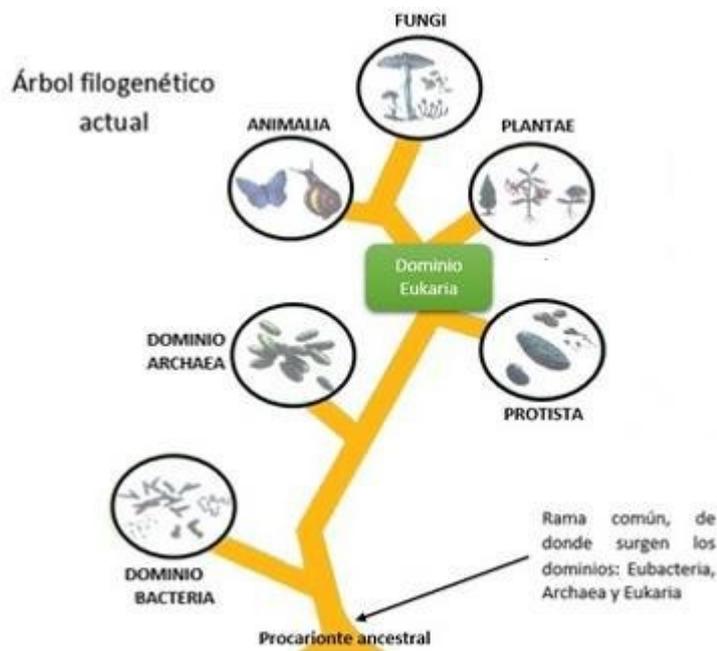


Figura 1. La clasificación de los seres vivos en tres dominios. Imagen modificada de <https://cibertareas.info/woese-clasificacion-de-los-seres-vivos-biologia-1.html>

Además del Dominio, existen más grupos o **rangos** a los cuales pueden pertenecer los organismos vivos de acuerdo a su clasificación, a los que se conoce como categorías taxonómicas. Dichas categorías representan un orden jerárquico en niveles, donde se pueden ubicar los diferentes seres vivos, en relación a sus semejanzas y relaciones filogenéticas. Estas últimas tienen que ver con vínculos genéticos específicos; del griego filogenia: (phylon = tribu, raza), la raíz γεν (gen = producir, generar) y el sufijo -ία (-ía = cualidad). Las diferentes categorías taxonómicas son, desde la más abarcativa a la menos abarcativa, las siguientes: Dominio, Reino, Filo o División, Clase, Orden, Familia, Género y Especie (Fig. 2).

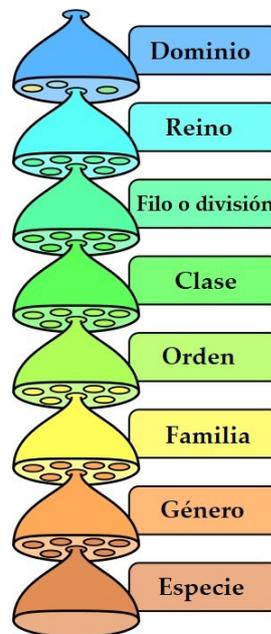


Figura 2. Categorías taxonómicas.

Imagen obtenida de <https://catedrauno.com/como-se-clasifican-los-seres-vivos-3838/>

Todos los organismos vivos pertenecen a una de esas categorías taxonómicas. Por ejemplo, un yaguararé se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

- Dominio Eukarya
- Reino: Animalia
- Filo: Cordata
- Clase: Mammalia
- Orden: Carnivora
- Familia: Felidae
- Género: Panthera
- Especie: Panthera onca



E. Militello

¿Cómo se menciona a los organismos vivos?

Si bien todos los organismos pertenecen a las categorías taxonómicas que antes se mencionaron, lo cierto es que cada vez que se pretende hacer mención a uno de ellos no se utilizan, a menos que sea necesario, todos esos nombres. Carlos Linneo (1707-1778) elaboró un sistema binominal de nomenclatura para identificar a cada organismo vivo. Dicho sistema incorpora el nombre del género más el del epíteto específico para mencionar a cualquier ser vivo. Existen ciertas reglas para escribir estas dos palabras y ellas son: la primera letra del género se escribe con mayúscula y las otras letras del género van en minúscula; el epíteto específico se escribe todo en minúscula; ambas palabras se escriben en letra itálica o cursiva y, en caso de no tener la posibilidad de escribirlas de estas últimas formas, se subrayan. Además, a modo de abreviatura, también está permitido escribir solo la primera letra del género (en mayúscula) seguida por un punto y el epíteto específico en cursiva o itálica (todo en minúscula). Por ejemplo para el yaguareté citado anteriormente sería: *Panthera onca*; *Panthera onca*; *P. onca*; o *P. onca*.

 **Actividad**

1. Realice un cuadro comparativo entre el dominio Bacteria, Archaea y Eukaria.

Propiedad	Archaea	Bacteria	Eukaria
Pared Celular			
Membrana			
Genoma			
Reproducción			

Continuemos hablando de la célula....

La mayoría de las células son microscópicas, con diámetros entre 10 y 100 micrones para células típicas animales o vegetales o entre 1 y 10 micrones para las bacterias (Figura 3).

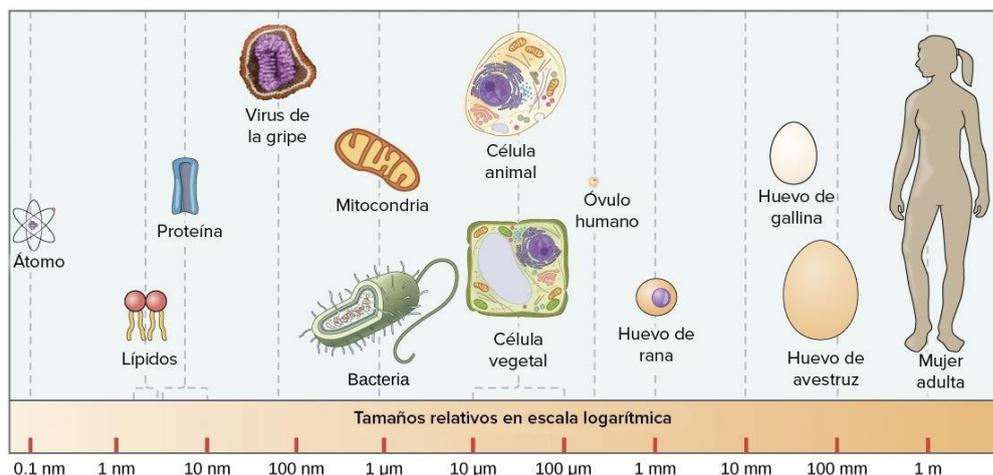


Figura 3. Esta figura muestra los tamaños relativos de moléculas, virus y células de los seres vivos en una escala logarítmica (cada unidad de aumento en una escala logarítmica representa un aumento de 10 veces en la cantidad que se mide). Imagen de <https://openstax.org/books/biology/pages/4-2-prokaryotic-cells>

nar la información hereditaria. Sin embargo, existen diferencias en cuanto a la forma en que organizan el ADN, lo que permite clasificarlas en dos grandes grupos: células procariotas y eucariotas. Tan importante ha sido esta diferenciación que fue utilizada para la clasificación de los seres vivos en dominios y reinos.

Las células procariotas, presentes en el Reino Monera (bacterias), tienen el ADN libre en el citoplasma en una zona denominada nucleóide.

Veamos las características estructurales correspondientes al tipo celular procariota:

CÉLULA PROCARIOTA

La principal diferencia entre ambos tipos celulares es que las procariotas (del griego karyon: núcleo, pro: antes) no tienen envoltura nuclear. El cromosoma procariota está en contacto directo con el citoplasma. Las células eucarióticas poseen un núcleo verdadero con una complicada envoltura nuclear.

Los organismos formados por células procariotas son organismos unicelulares, es decir formados por única célula. Se lo considera el grupo más antiguo sobre la Tierra, como así mismo los más abundantes. El éxito de los procariotas se debe a su gran diversidad metabólica y a su rápido ritmo de división celular (fisión binaria).

Clasificación:

Los organismos procariotas pueden clasificarse en: Archeobacterias y Eubacterias.

1) Archeobacterias: al igual que las eubacterias, las archaea carecen de núcleo y son por tanto procariontes. La diferencia principal radica en la ausencia pared celular, aunque análisis posteriores han confirmado que entre ambos grupos de procariotas existen diferencias en términos bioquímicos y genéticos. Las archeobacterias incluyen tres grupos:

- Halófilas. Las halobacterias sólo pueden vivir en condiciones de salinidad extrema, como estanques salinos. Algunas pueden realizar fotosíntesis, capturando la energía solar en un pigmento llamado bacteriorrodopsina.
- Metanógenas. Son anaerobias, producen gas metano a partir de dióxido de carbono e hidrógeno. Habitan en aguas de drenajes y pantanos y son comunes en el tracto digestivo del hombre y de otros animales, son las archeobacterias más conocidas.

- Termoacidófilas. Crecen en condiciones ácidas y de temperaturas elevadas. Algunas se encuentran en manantiales azufrosos. Son microorganismos unicelulares muy primitivos. las dorsales oceánicas, donde la mayoría de los seres vivos serían incapaces de sobrevivir. Existe la teoría de que fueran posiblemente las primeras células simples.

2) Eubacterias son organismos microscópicos formados por células procariotas más evolucionadas.

Las Eubacterias se dividen en tres grupos según las diferencias en sus paredes celulares.

- Bacterias sin pared celular
- Bacterias con pared celular Grampositivas
- Bacterias con pared celular Gramnegativas

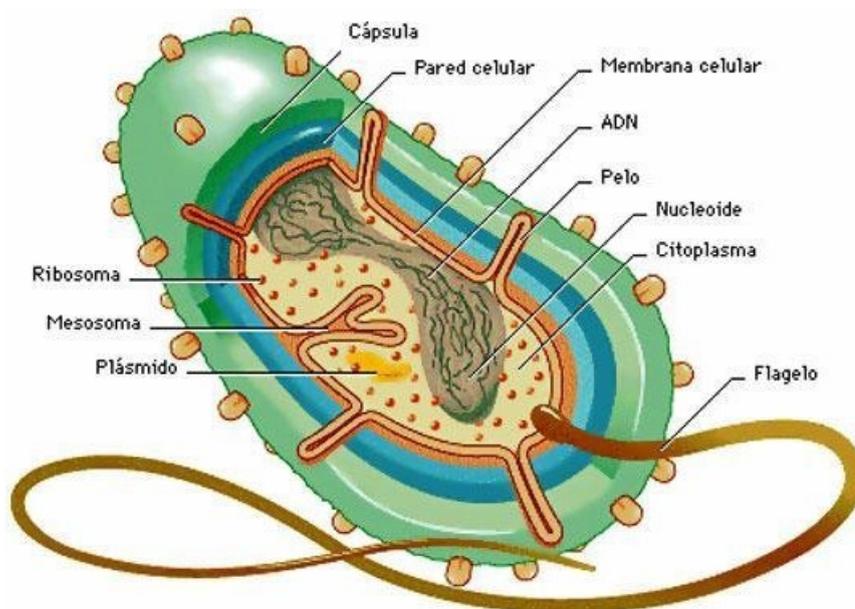


Figura 4. Estructura de una bacteria simple <https://www.biografiasyvidas.com/tema/bacterias.htm>

Las eubacterias, son organismos unicelulares muy pequeños, aunque a menudo forman colonias o filamentos de células independientes. Su tamaño varía desde 0,1 a 5µm. Su estructura celular responde a la estructura de célula procariota conformado por:

Citoplasma: prácticamente no posee estructuras en su interior, tiene aspecto finamente granular por la gran cantidad de ribosomas que presenta y gránulos de almacenamiento que retienen glucógeno, lípidos o compuestos fosfatados. Los ribosomas son más pequeños (70S) que los ribosomas eucariotas pero su forma es igual. Carecen completamente de organelos delimitados por membranas. Lo que más se destaca en el citoplasma es el cromosoma bacteriano ubicado en una zona denominada nucleoide, este cromosoma consiste en una sola molécula de DNA circular, asociado con una pequeña cantidad de RNA y proteínas no histónicas. Puede contener uno o más plásmidos que son pequeñas moléculas de DNA que se replican independientemente del

cromosoma bacteriano y la mayoría son portadores de genes que confieren resistencia a antibióticos.

Membrana plasmática: posee una composición química similar a la de las células eucariotas, pero carecen de colesterol y otros esteroides, a excepción de los micoplasmas (las bacterias más pequeñas que se conocen). Una particularidad que presenta la membrana bacteriana es la existencia de unos repliegues internos que reciben el nombre de mesosomas.

Las funciones de la membrana plasmática bacteriana son las mismas que en la célula eucariota, es decir, limitan la bacteria y regulan el paso de sustancias nutritivas. Los mesosomas incrementan la superficie de la membrana plasmática y además tienen gran importancia en la fisiología bacteriana, puesto que en ellos hay gran cantidad de enzimas responsables de importantes funciones celulares, entre las que destacan las siguientes:

- ❖ En el caso de los procariontes que son aeróbicos, transporte de los electrones, mediante el conjunto de transportadores de la cadena respiratoria, y fosforilación oxidativa.
- ❖ Síntesis de diversos componentes de la membrana, la pared y la cápsula.
- ❖ En el caso de las bacterias fotosintéticas, contienen los pigmentos fotosintéticos y demás componentes necesarios para la fotosíntesis.
- ❖ Regulación del proceso de duplicación del ADN.

Pared celular: la mayoría de las células procarióticas son hipertónicas en relación al medio que las rodea, y presentan rodeando a la membrana plasmática una pared celular que evita que estallen, los micoplasmas, que viven como parásitos intracelulares en un ambiente isotónico, carecen por completo de pared.

La resistencia de la pared se debe a la presencia de peptidoglucano que consiste en dos tipos de azúcares poco comunes unidos a péptidos cortos. De acuerdo a sus propiedades de tinción a las eubacterias con pared se las divide en dos grandes grupos (Fig. 5):

- **Gram positivas:** absorben y conservan el colorante Violeta de Genciana. Ejemplos: *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* y *Clostridium botulinum*.
- **Gram negativas:** no conservan el colorante. Ejemplos: *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*

Esta diferencia en la tinción se debe a diferencias estructurales de las paredes, las grampositivas tienen pared gruesa de peptidoglucano y las gramnegativas poseen una capa fina de peptidoglucano revestida de una capa gruesa de lipoproteínas y lipopolisacáridos que impiden la llegada del colorante. Esta diferencia afecta a algunas características de las bacterias como su susceptibilidad a los antibióticos. Las grampositivas son más susceptibles a algunos antibióticos que las gramnegativas, y sus paredes son digeridas rápidamente por la lisozima, una enzima que se encuentra en las secreciones nasales, saliva y otros fluidos corporales. Muchos patógenos importantes pertenecen al grupo de bacterias gramnegativas, por ejemplo, el causante de la

gonorrea *Neisseria gonorrhoeae*, y *Haemophilus influenzae* que produce infecciones en las vías respiratorias, oído y meningitis.

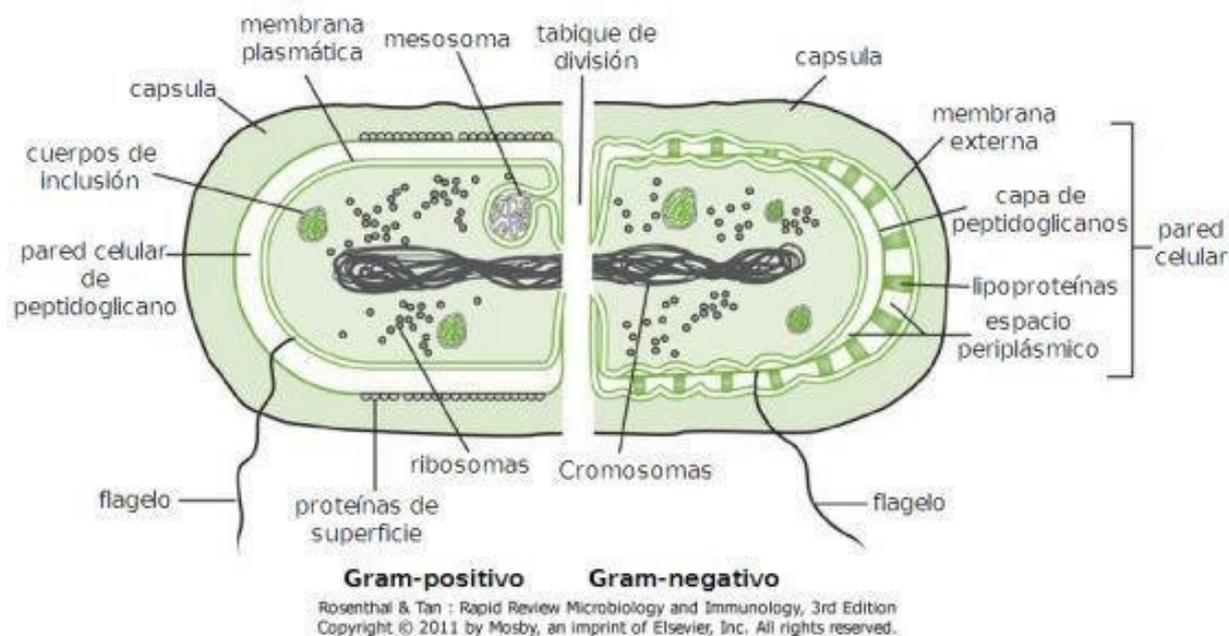


Figura 5. Estructura de la pared bacteriana Gram+ y Gram-. (Modificada de <http://web.educastur.princast.es>)

Cápsula: algunas bacterias poseen por fuera de la pared una cápsula de polisacáridos y su presencia se asocia a la actividad patogénica ya que la cápsula puede interferir con la fagocitosis que efectúan los glóbulos blancos del huésped. Por ejemplo, *Streptococcus pneumoniae* en su forma no capsulada no es virulento en tanto que su forma capsulada sí lo es.

Ribosomas: Son corpúsculos similares a los que se encuentran en las células eucarióticas, aunque de menor tamaño (su velocidad de sedimentación es de 70 S), compuestos por una subunidad pequeña de (30 S) y otra mayor de (50 S). Se encuentran dispersos en el protoplasma bacteriano, aislados o asociados en cadenas de ARNm (polirribosomas), y se encargan de la síntesis de proteínas.

Flagelos y pelos: para su movilidad muchas bacterias poseen flagelos que son estructuralmente diferentes del flagelo eucariota. Los flagelos bacterianos están constituidos por monómeros de una pequeña proteína globular llamada flagelina, que forma una triple hélice con

una zona central hueca. El flagelo no está encerrado en la membrana celular como en los eucariotas, sino que sale de la célula como un filamento proteínico desnudo. En la base del flagelo hay una estructura compleja que produce un movimiento rotativo.

Pelos: algunas bacterias presentar pelos, constituido por una proteína llamada pilina, son más cortos y más finos que los flagelos y a menudo existen en gran cantidad, sirven para unir las bacterias a fuentes alimenticias o a dos bacterias en conjugación (transmisión de DNA entre bacterias). Los procariontes no poseen cilios.

Forma de las bacterias

Las bacterias presentan numerosas formas (Fig.6), pero se las puede clasificar en los siguientes grupos:

- **Cocos:** forma esférica, si se unen de a pares forman diplococos, si forman cadenas se denominan estreptococos y si forman racimos estafilococos. Estos últimos son los responsables de muchas infecciones que provocan formación de forúnculos o abscesos.
- **Bacilos:** forma recta en bastón, pueden presentarse separadas o en largas cadenas. Ej: *Escherichia coli* y *Mycobacterium tuberculosis* (causante de la tuberculosis).
- **Espirilos:** varillas largas en hélices. Ej: *Treponema pallidum*, causante de la sífilis.

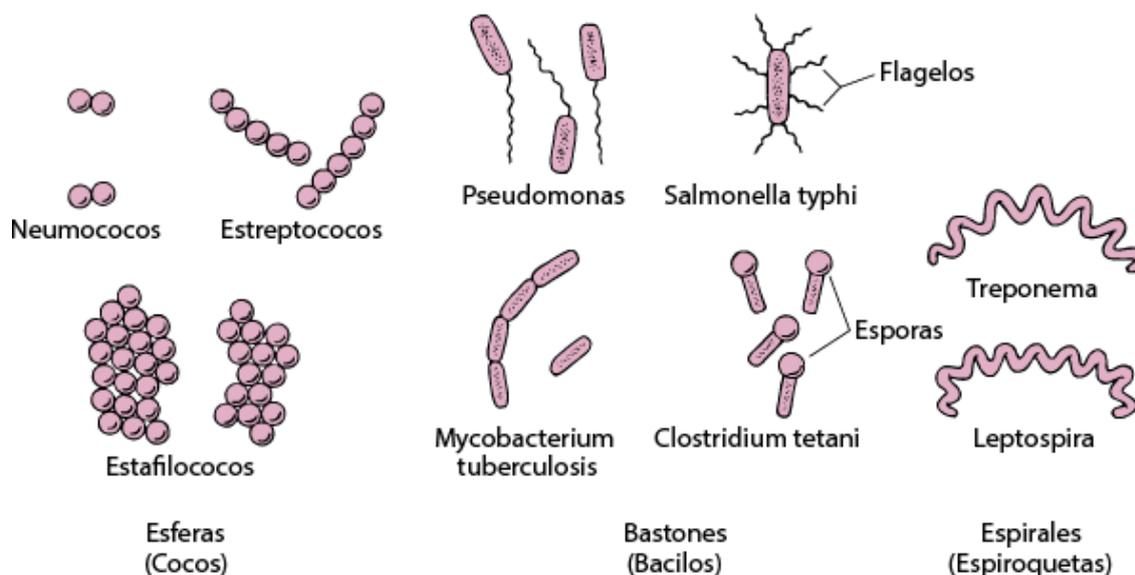


Figura 6. Formas de las bacterias. Imagen de <https://www.msmanuals.com/es/hogar/infecciones/infecciones-bacterianas-introducci%C3%B3n/introducci%C3%B3n-a-las-bacterias>.

Cuando las condiciones son adversas las bacterias de muchas especies forman esporas resistentes y permanecen en vida latente hasta que las condiciones ambientales se tornan favorables. La formación de las esporas incrementa en gran medida la capacidad de las células procariontes para

sobrevivir. Por ejemplo, las esporas de la bacteria que causa el botulismo no se destruyen al ser hervidas durante varias horas.

Reproducción

La mayoría de los procariotas se reproducen por división celular simple, también llamada fisión binaria. Una vez que se produce la replicación del ADN, se forma la pared transversa por crecimiento de la membrana y de la pared celular (Fig. 7). Cuando se multiplican los procariotas, se producen clones de células genéticamente idénticas. Sin embargo, suelen ocurrir mutaciones y estas, combinadas con el rápido tiempo de generación de los procariotas, son responsables de su extraordinaria adaptabilidad.

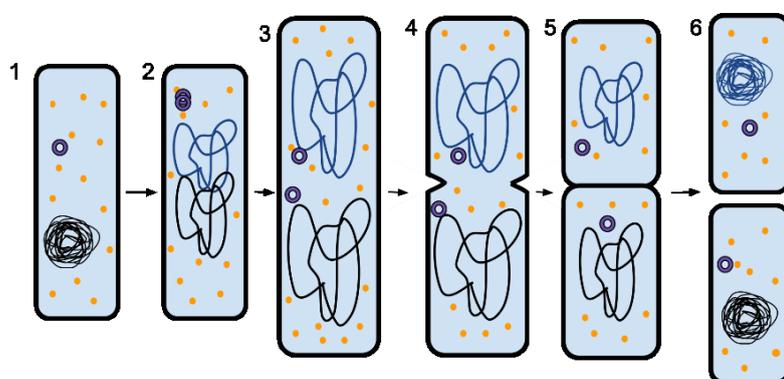


Figura 7. Célula procariota que experimenta el proceso de fisión binaria. Imagen modificada de Wikimedia, (CC BY-SA 3.0).

Nutrición

La mayor parte de las bacterias son **heterótrofas** y deben tomar el alimento orgánico sintetizado por otros organismos. La obtención del alimento la hacen por diversos caminos: Las bacterias de vida libre suelen ser saprófitas, viven sobre materia orgánica muerta. Muchas viven en relación estrecha con otros organismos. De ellas, la mayoría son comensales y no causan daños ni aportan beneficios a su huésped; algunas son parásitas (producen enfermedades) y otras son simbiotas. Algunas de estas bacterias heterótrofas son causantes de enfermedades (bacterias patógenas), otras tienen poco efecto sobre sus hospedadores y otras son realmente beneficiosas. Las vacas y otros rumiantes pueden utilizar celulosa sólo porque sus estómagos contienen bacterias y protistas que tienen enzimas que digieren celulosa. Nuestros propios intestinos contienen diversos tipos de bacterias generalmente inofensivas que incluyen a la *E. coli*. Algunas suministran vitamina K, necesaria para la coagulación de la sangre. Otras evitan que desarrollemos infecciones serias. Después de una prolongada terapia con antibióticos, nuestros tejidos son más vulnerables a los microorganismos causantes de enfermedades, ya que se destruyen los habitantes bacterianos normales.



Actividad

-
- 1) Relee acerca de los compuestos orgánicos estudiados en el Tema 2.
Ya puedes mencionar cuál es la composición de la membrana plasmática. Efectúa un listado de esos componentes.
 - 2) Es conveniente que recuperes la información sobre la composición química del ADN brindada en el Tema 2 a los efectos de ir afianzando conceptos centrales.
-

CÉLULA EUCARIOTA

Las células eucariotas (eu: verdadero, carion: núcleo) contienen el ADN separado del resto del citoplasma en un compartimiento membranoso denominado **núcleo**. Las células eucariotas son mucho más grandes que las células procariotas y pueden formar parte de organismos unicelulares (levaduras) o pluricelulares (una palmera o el elefante africano). Otras características que podemos mencionar son:

Pared celular: solamente algunas células eucariotas poseen pared celular, las células de los vegetales, de los hongos y de las algas. Las paredes de las algas y de los vegetales están compuestas principalmente por celulosa, y las de los hongos por quitina. La celulosa no está presente en las células fúngicas, ni la quitina en las vegetales y de las algas. Por otro lado, ninguno de estos compuestos se encuentra en las bacterias

Membrana Plasmática: es la parte externa de la célula que envuelve al citoplasma. Permite el intercambio de agua, gases y nutrientes y elimina los elementos de desecho, entre la célula y el medio que la rodea. Es decir que su función es delimitar el territorio de la célula y controlar su contenido químico. También permite la comunicación con otras células a través de las hormonas, neurotransmisores, enzimas, anticuerpos, etc. La composición química de la membrana es de naturaleza **lipoproteica** (Fig. 8). Los lípidos forman una doble capa y las proteínas se disponen de una forma irregular y asimétrica entre ellos. Estos componentes presentan movilidad, lo que confiere a la membrana un elevado grado de fluidez, de ahí la denominación de "mosaico fluido".

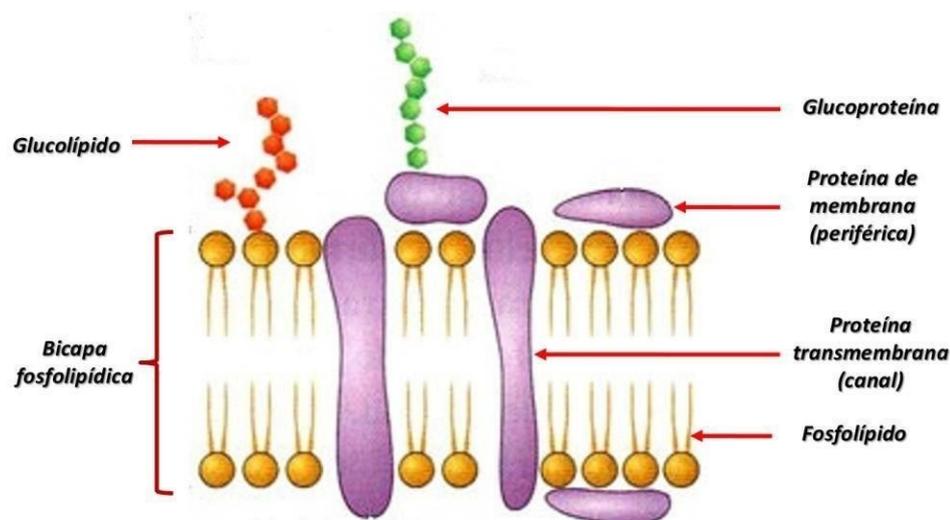


Figura 8. Componentes de la membrana plasmática de una célula animal. Imagen de <http://www.escolares.net/biologia/membrana-plasmatica/attachment/membrana-plasmatica/>

A pesar de que existen grandes diferencias entre las células procariotas y eucariotas y entre estas últimas las vegetales y animales, hay estructuras que son comunes a todos los tipos celulares como la membrana plasmática, el citoplasma y los ribosomas. El citoplasma contiene todo el material que está dentro de la membrana plasmática, y fuera de la región que contiene al ADN. Es una porción fluida que contiene agua, sales y diversas moléculas orgánicas. La suma de todas las reacciones bioquímicas en que se basa la vida tiene lugar en el citoplasma. El citoplasma de las células eucariotas alberga diversas estructuras, algunas de ellas rodeadas de membranas llamadas organelas que realizan funciones específicas y otras sin membranas como son los ribosomas y una red de fibras proteicas, el citoesqueleto, que da forma y organización al citoplasma puesto que muchas organelas están adheridos a él.

¿Cómo se transportan las sustancias a través de la membrana?

En su función de guardiana de la célula, la membrana plasmática favorece el movimiento de las sustancias de dos formas: transporte pasivo y transporte que requiere de energía. El transporte pasivo consiste en la difusión de las sustancias a través la membrana celular de un medio de mayor a uno de menor concentración, mientras que en el transporte que requiere energía, la célula consume energía para que entren y salgan las sustancias.

El transporte pasivo es por difusión simple, difusión facilitada y ósmosis

La difusión se produce en un fluido o a través de una membrana que es permeable a la sustancia y que separa dos compartimentos del fluido. Muchas moléculas cruzan la membrana plasmática por difusión, impulsadas por diferencias de concentración entre el citoplasma y el fluido extracelular (Fig. 9).

Algunas moléculas atraviesan las membranas por difusión simple. Las moléculas muy pequeñas sin carga neta, como las de agua, oxígeno y dióxido de carbono (lo mismo que moléculas liposolubles, como el alcohol, las vitaminas A, D y E, y las hormonas esteroides) se difunden a través de la bicapa de fosfolípidos por sus gradientes de concentración. Este proceso se llama difusión simple. Un gradiente de concentración mayor, temperatura elevada, tamaño molecular pequeño y mayor solubilidad en lípidos aumentan la velocidad de la difusión simple.

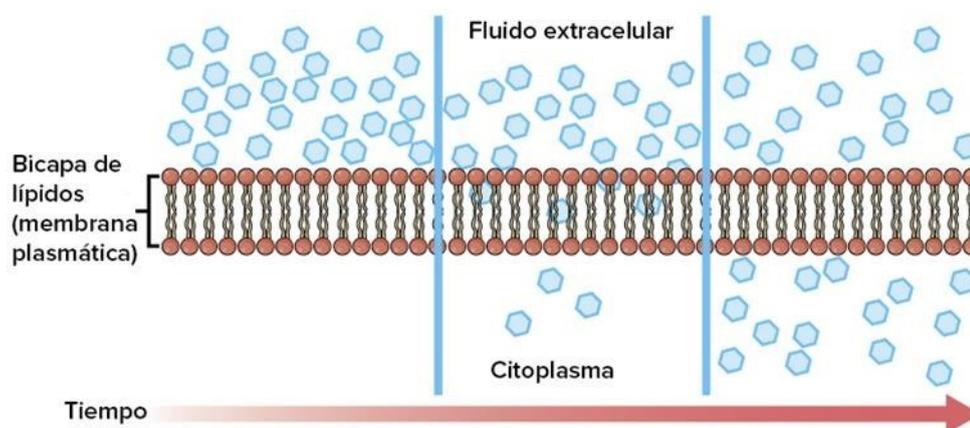


Figura 9. Esquema de difusión a través de la membrana plasmática.

¿Cómo se difunde el agua (una molécula polar) a través de la bicapa lipídica que es hidrofóbica (literalmente, "que teme al agua")? Como las moléculas de agua son tan pequeñas y abundantes en el citoplasma y el fluido extracelular, algunas se pierden entre la abundancia de colas de los fosfolípidos, donde sus movimientos aleatorios las llevan al otro lado de la membrana.

La difusión simple del agua por la bicapa lipídica es relativamente lenta, pero en muchos tipos de células, las moléculas de agua atraviesan la membrana mucho más deprisa gracias a la difusión facilitada, como se verá en la siguiente sección.

Algunas moléculas atraviesan las membranas por difusión facilitada, mediante proteínas de transporte

Muchas sustancias no pueden difundirse solas por la bicapa lipídica. Entre éstas se encuentran los iones (como K^+ , Na^+ , Cl^- y Ca^{2+} que forman enlaces de hidrógeno con las moléculas de agua. Estas moléculas retienen a los iones, ya sea dentro o fuera de la célula.

Moléculas como los monosacáridos (azúcares simples) son polares y también forman enlaces de hidrógeno con el agua; así su atracción al agua y su tamaño inhibe su paso a la bicapa. Estos iones y moléculas sólo pueden difundirse a través de las membranas con la ayuda de proteínas de transporte específicas: proteínas de canal o proteínas portadoras. El movimiento a través la membrana celular por gradiente de concentración y con la ayuda de proteínas de transporte se llama **difusión facilitada**.

Muchas células tienen proteínas de canal especiales para agua llamadas **acuaporinas** ("poros de agua"). El movimiento del agua en una membrana a través de las acuaporinas, por difusión simple o facilitada, tiene un nombre especial: **ósmosis**.

La **ósmosis** es el movimiento de agua a través de una membrana selectivamente permeable en respuesta a gradientes de concentración, presión o temperatura (Fig. 10). La ósmosis puede ocurrir directamente a través de la bicapa de fosfolípidos o (más deprisa) por canales de acuaporina compuestos de proteínas que se extienden sobre la membrana.

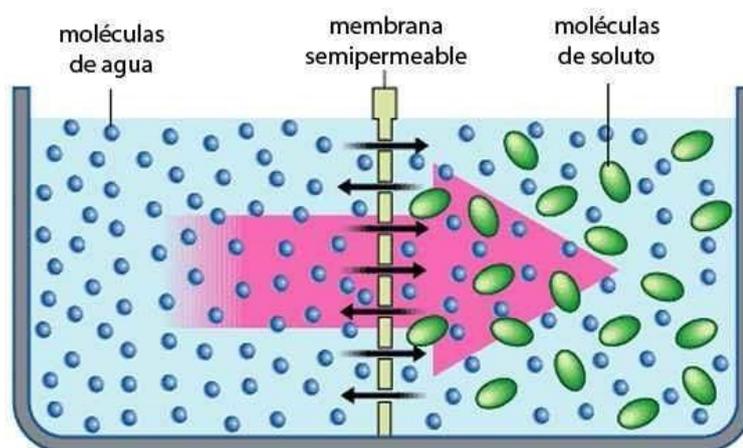


Figura 10. Movimiento natural del agua (flecha rosa) de una solución a través de una membrana semipermeable.

Imagen de <https://www.vistaalmar.es/ciencia-tecnologia/biologia/9156-que-es-osmosis-principio-mas-importante-biologia.html>.

En el **transporte activo**, las proteínas de membrana utilizan energía celular para mover moléculas o iones por la membrana celular, en contra de su gradiente de concentración. Todas las células necesitan trasladar materiales "corriente arriba", en contra de su gradiente de concentración. Por ejemplo, toda célula requiere nutrientes que están menos concentrados en el entorno que en el citoplasma de la célula. Otras sustancias, como los iones de sodio y calcio, se mantienen en concentraciones mucho menores dentro de la célula que en el fluido extracelular. Las células nerviosas mantienen gradientes de concentración de iones grandes

porque sus señales eléctricas requieren un flujo rápido y pasivo de los iones cuando los canales se abren. Cuando estos iones se difunden dentro (o fuera) de la célula, sus gradientes de concentración deben reconstituirse por transporte activo.

Las proteínas de transporte activo abarcan todo el ancho de la membrana y tienen dos sitios activos. Uno (que puede estar hacia dentro o hacia fuera de la membrana plasmática, dependiendo de la proteína) enlaza a una molécula o ión, como los iones de calcio (Fig.11).

Las proteínas del transporte activo se llaman a veces bombas (por analogía con las bombas de agua), porque usan energía para mover iones o moléculas en contra de un gradiente de concentración.

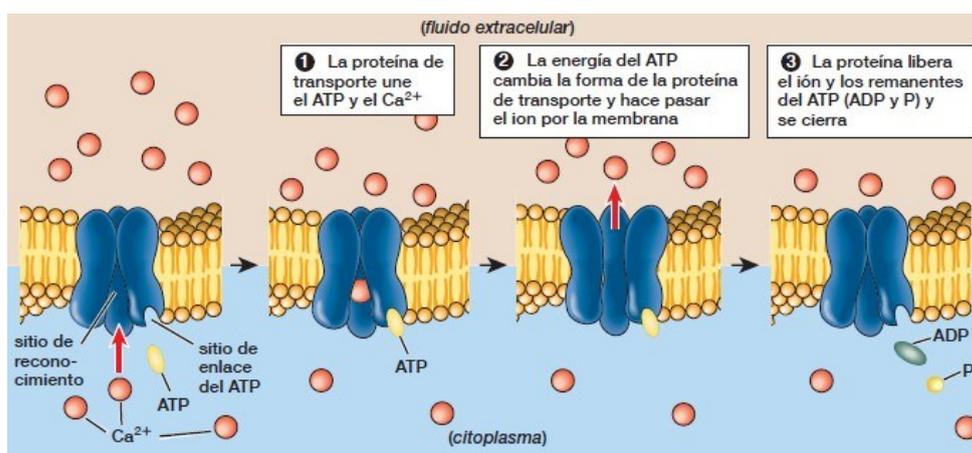


Figura 11. Transporte activo El transporte activo utiliza energía celular para mover moléculas a través de la membrana plasmática y en contra del gradiente de concentración. Una proteína de transporte (azul) tiene un sitio de enlace de ATP y un sitio de reconocimiento de las moléculas que se van a transportar; en este caso, iones de calcio (Ca_2). Imagen: Audersik, 2013.

Endocitosis

Una célula puede necesitar materiales de su entorno extracelular que son demasiado grandes para pasarlos por la membrana. Entonces, la membrana plasmática los engloba en vesículas que transporta dentro de la célula. Este proceso que requiere energía se llama **endocitosis** (en griego significa "dentro de la célula") (Fig. 12). Hay tres formas de endocitosis basadas en el

tamaño y tipo del material adquirido y del método de adquisición: **pinocitosis**, **endocitosis mediada por receptor** y **fagocitosis**. La **pinocitosis** lleva líquidos al interior de la célula. En la pinocitosis ("bebida de la célula"), un segmento muy pequeño de la membrana plasmática sufre una depresión que se hace más profunda conforme se llena de fluido extracelular y sigue hundiéndose hasta extrangularse dentro del citosol para formar una vesícula diminuta que se desprende en el citoplasma.

La endocitosis mediada por receptores introduce moléculas específicas al interior de la célula. Con el fin de concentrar selectivamente materiales que no se mueven por los canales, las células toman moléculas o complejos de moléculas específicas (por ejemplo, paquetes que contengan lipoproteínas y colesterol) por medio de un proceso llamado endocitosis mediada por receptor.

La fagocitosis lleva partículas grandes al interior de la célula. Por fagocitosis (que significa "acción de comer de la célula") la célula toma partículas grandes, incluyendo microorganismos.

La **exocitosis** expulsa material de la célula. Las células también usan energía para desechar las partículas que no se digirieron o para secretar sustancias, como hormonas, al fluido extracelular por medio de exocitosis (Fig. 12). En la exocitosis, una vesícula rodeada de membrana y que lleva el material que se va a expulsar pasa a la superficie de la célula, donde la membrana de la vesícula se fusiona con la membrana plasmática. La vesícula se abre al líquido extracelular para que su contenido se difunda por el fluido fuera de la célula.

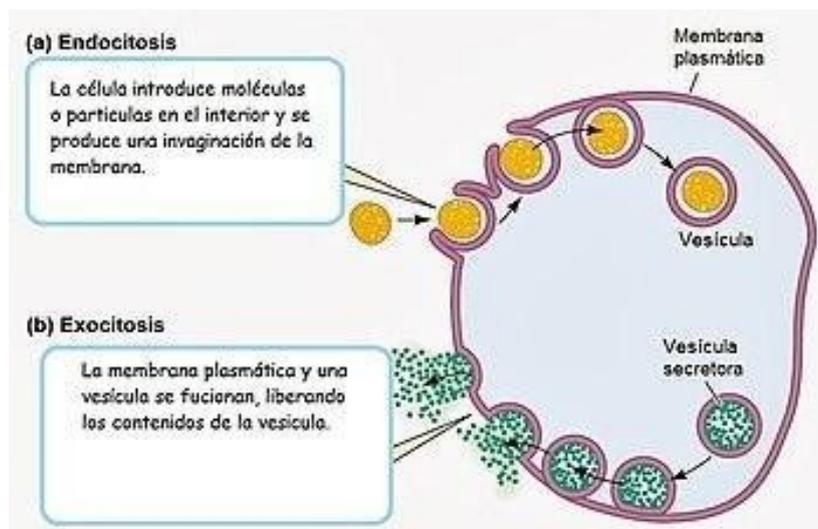


Figura 12. Descripción de la endocitosis y la exocitosis. Imagen de <https://es.wikipedia.org>.

El siguiente cuadro muestra un resumen de los transportes mencionados

Transporte pasivo	Difusión de las sustancias a través de una membrana, por un gradiente de concentración, presión o carga eléctrica; no requiere energía celular.
Difusión simple	Difusión del agua, gases disueltos o moléculas solubles en lípidos por la bicapa lipídica de una membrana.
Difusión facilitada	Difusión de agua, iones o moléculas solubles en agua por una membrana, a través de una proteína de canal o portadora.
Ósmosis	Difusión de agua a través de una membrana selectivamente permeable de una región de mayor a una de menor concentración de agua libre.
Transporte que requiere energía	Entrada y salida de las sustancias de una célula, con la energía suministrada por el ATP.
Transporte activo	Movimiento de pequeñas moléculas o iones individuales contra sus gradientes de concentración, por medio de proteínas que atraviesan la membrana.
Endocitosis	Entrada de partículas o moléculas grandes a una célula; ocurre cuando la membrana plasmática envuelve la sustancia en un saco membranoso que se introduce en el citoplasma.
Exocitosis	Salida de partículas o moléculas grandes a una célula; ocurre cuando la membrana plasmática envuelve el

SISTEMA INTRACELULAR DE MEMBRANAS EN LA CÉLULA EUCARIOTA

El núcleo por lo general es la organela más grande, se aísla del resto de la célula con una envoltura nuclear que consta de una doble membrana. Debido a que el ADN permanece en el núcleo y la mayor parte de las reacciones químicas que controla se efectúan en el citoplasma, es preciso intercambiar moléculas entre el núcleo y el citoplasma. La membrana está perforada por diminutos canales revestidos denominados poros, el agua, iones y moléculas pequeñas como el ATP que pueden atravesarlos libremente, pero el paso de moléculas más grandes como proteínas y ARN está regulado por las proteínas que revisten los poros. Dentro de la envoltura nuclear se encuentra un material de aspecto granular llamado cromatina y una región más oscura llamada nucléolo. La cromatina es ADN asociado a proteínas y el nucléolo tiene el ADN con información para la síntesis de ribosomas, proteínas y ARN ribosómico. Los ribosomas son partículas constituidas por ARN ribosómico y proteínas, son los orgánulos donde se lleva a cabo la síntesis de proteínas. De acuerdo con su ubicación en el citoplasma los podemos clasificar en: ribosomas libres encargados de sintetizar proteína que se utilizan en el citosol como las enzimas de degradación de hidratos de carbono. Los ribosomas unidos a membranas forman parte de otra organela: el retículo endoplasmático, en este caso las proteínas sintetizadas no quedan en el citoplasma.

La membrana nuclear exterior está incrustada de ribosomas y es continuación del Retículo endoplásmico rugoso cuya sigla es RER (Fig. 13). Los ribosomas incrustados sintetizan proteínas como las de la membrana plasmática, enzimas digestivas y hormonas proteicas como la insulina entre otras, que algunas células secretoras exportarán al exterior celular. Las proteínas sintetizadas atraviesan la membrana hacia el interior del retículo, luego se acumulan y estrangulan formándose vesículas que se trasladarán por el citoplasma.

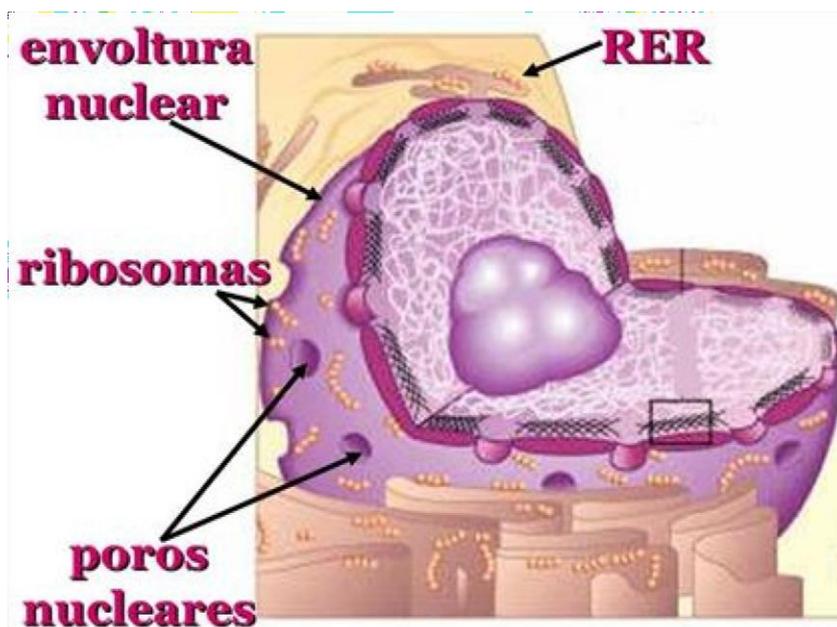


Figura 13. Envoltura nuclear, poros nucleares y retículo endoplasmático rugoso. Imagen de www.puc.cl/sw_educ/biología/bio100/imágenes.

El retículo endoplasmático liso, REL; es el principal sitio de síntesis de lípidos, incluidos fosfolípidos y colesterol que al igual que lo que ocurre en el RER, se empaquetan en vesículas de transporte. En células hepáticas contiene enzimas que detoxifican fármacos y subproductos metabólicos perjudiciales. En células musculares está asociado al almacenamiento de Ca^{++} imprescindible en la contracción muscular.

El aparato de Golgi es un conjunto de bolsas membranosas aplastadas y apiladas donde se funden las vesículas provenientes del RER y del REL por la cara cis o de entrada. El aparato de Golgi clasifica, altera químicamente y empaca moléculas importantes. Las vesículas que emergen de la cara trans o de salida tiene diferentes destinos: 1- se dirigen a otros compartimentos del sistema de endomembranas como son los lisosomas, 2- a la superficie de la célula donde formarán parte de la membrana plasmática o 3- al exterior de la célula cuando contienen material de exportación.

Los **lisosomas** presentes en células animales contienen enzimas hidrolíticas que son activas en medio ácido. Son capaces de descomponer proteínas, ácidos nucleicos, grasas y carbohidratos en sus subunidades componentes, que luego de atravesar la membrana lisosomal hacia el citoplasma pueden ser reutilizadas. El medio ácido al interior del lisosoma se logra por medio de bombas de protones.

Otro tipo de organelas presentes en el citoplasma son los **peroxisomas**, son vesículas de una sola membrana con enzimas en su interior. El propio metabolismo de los ácidos grasos libera un compuesto sumamente tóxico para la célula: el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), la catalasa es una enzima presente en los peroxisomas que lo destruye en moléculas inocuas como H_2O y O_2 .

Las **mitocondrias** son las organelas donde se completa la degradación de las moléculas orgánicas y se libera la energía contenida en sus enlaces, por el proceso de respiración celular que consume oxígeno (Fig.14). La energía liberada se almacena en moléculas de ATP. Estas organelas son más numerosas en células que tienen altas demandas energéticas como las células musculares. Su estructura consta de dos membranas una externa lisa y una interna fuertemente plegada en forma de crestas, el mayor desarrollo de la membrana interna está relacionado con la síntesis de ATP.

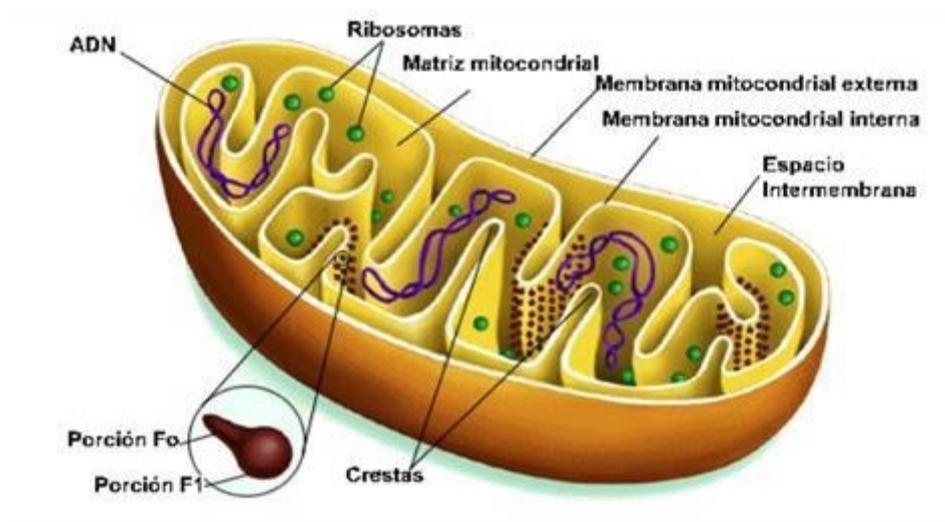


Figura 14. Mitocondria: estructuras internas. Imagen de [www. biologiaquimica.files.wordpress.com/2009/09/m](http://www.biologiaquimica.files.wordpress.com/2009/09/m) y www.educa.madrid.org/.../cloroplastos2.htm.

Los **plástidos** son organelas que se encuentran **sólo** en las **células** de **plantas** y **algas**, poseen dos membranas como las mitocondrias. Se los clasifica de acuerdo a su contenido y función: los leucoplastos contienen almidón, proteína o aceites y están presentes en estructuras de almacenamiento como los tubérculos, los cromoplastos contienen carotenoides en flores y frutos principalmente y los cloroplastos que contienen clorofila y en ellos se lleva a cabo el proceso de fotosíntesis, éstos poseen un tercer tipo de membrana en su interior, la de los tilacoides (Fig.15).



Figura 15. Cloroplasto: estructuras internas. Imagen de [www. biologiaquimica.files.wordpress.com/2009/09/m](http://www.biologiaquimica.files.wordpress.com/2009/09/m) y www.educa.madrid.org/.../cloroplastos2.htm.

Las mitocondrias y los cloroplastos contienen vestigios de una vida como organismos independientes. Se producen por fisión binaria como las bacterias, tiene un pequeño cromosoma circular que codifica algunas de sus proteínas y poseen ribosomas del tipo procariota.

Casi todas las células contienen una o más vacuolas que son bolsas llenas de fluidos rodeadas por una sola membrana. Algunas como las vacuolas alimentarias que se forman luego de la fagocitosis son elementos temporarios del citoplasma, sin embargo, muchas células tienen vacuolas permanentes. En las células vegetales tres cuartas partes de su volumen están ocupadas por una vacuola central que contiene principalmente agua y participa en el equilibrio hídrico de la célula, también tiene funciones en el almacenamiento de desechos tóxicos o de sustancias de reserva, azúcares, aminoácidos o pigmentos.

Un andamiaje interno mantiene la organización de la célula y sus organelas, permite movimientos y cambios de forma como así también dirige el tránsito intracelular. Las proteínas filamentosas en el interior del citoplasma conforman este andamiaje y se conoce como citoesqueleto (Fig. 16).

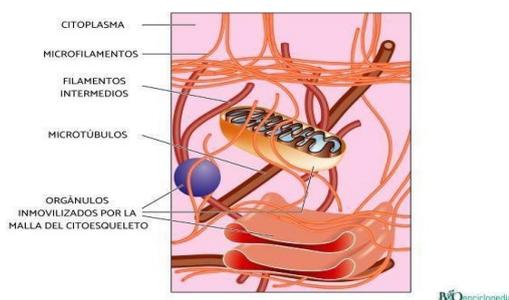
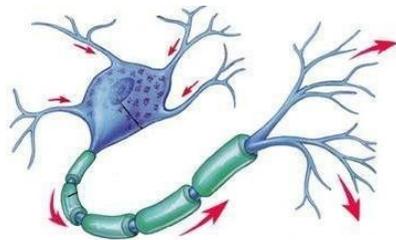


Figura 16. Elementos del citoesqueleto de una célula eucariota. Imagen de <https://www.bioenciclopedia.com/citoesqueleto-que-es-funcion-y-estructura-837.html>.

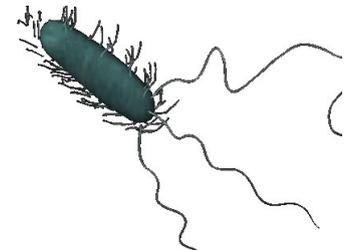


Actividad

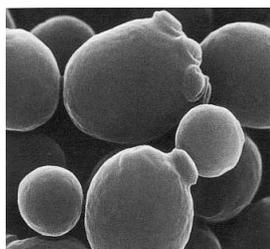
1. Indaga qué tipo de células (eucariota o procariota) presentan los siguientes microorganismos:
 - a) *Tripanosoma cruzi*, causante del mal de Chagas;
 - b) *Saccharomyces cerevisiae*, utilizado en la elaboración de la cerveza y el pan;
 - c) *Saccharomyces ellipsoideus*, utilizada en la elaboración del vino;
 - d) *Acetobacter sp.*, utilizado en la elaboración de vinagre;
 - e) *Penicilium rocheforti* y *P. camamberti*, utilizados en la elaboración de quesos;
 - f) *Vibrio cholerae*, causante del cólera;
 - g) *Phakopsora pachyrhizi* y *Phakopsora meibomiae*, causante de la roya de la soja, una enfermedad muy importante de este cultivo en la actualidad.
2. Los ribosomas se encuentran en células procariotas y eucariotas ¿por qué?
3. Diga a qué tipo de célula pertenecen los siguientes gráficos:



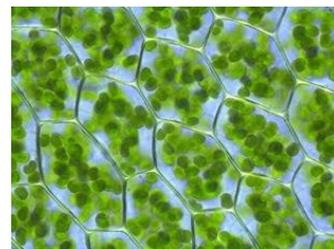
a-



b-



c-



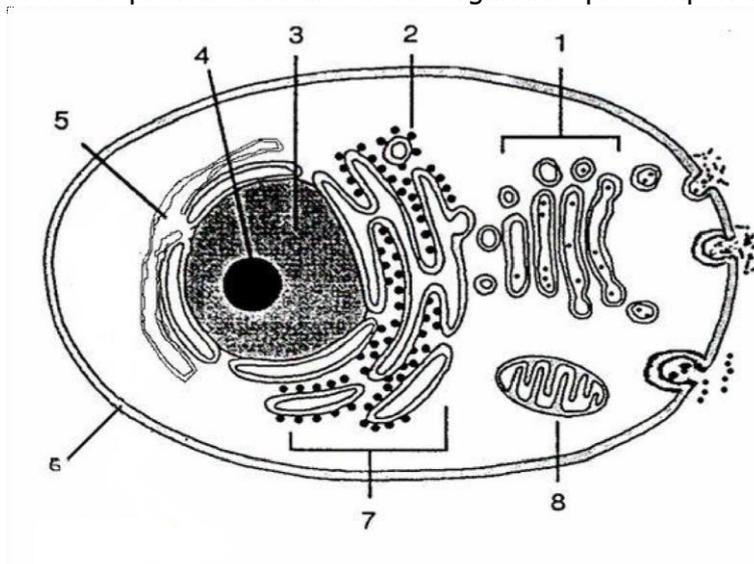
d-

4. Completar el siguiente cuadro:

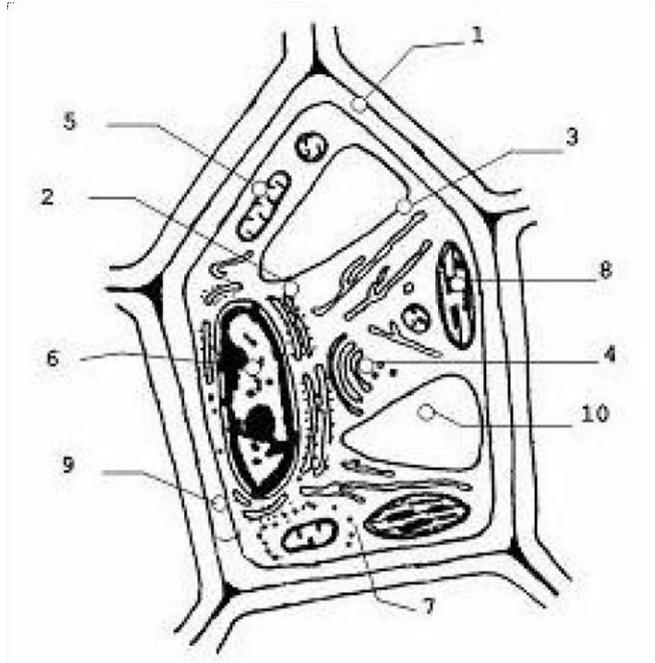
Estructura	Célula Procariota	Célula Animal	Célula Vegetal	FUNCIÓN
Membrana celular				

Pared celular				
Núcleo				
Cromosomas				
Ribosomas				
Retículo endoplásmico				
Aparato de Golgi				
Lisosomas				
Vacuolas				
Mitocondrias				
Cloroplastos				
Cilios y Flagelos				
Centríolos				

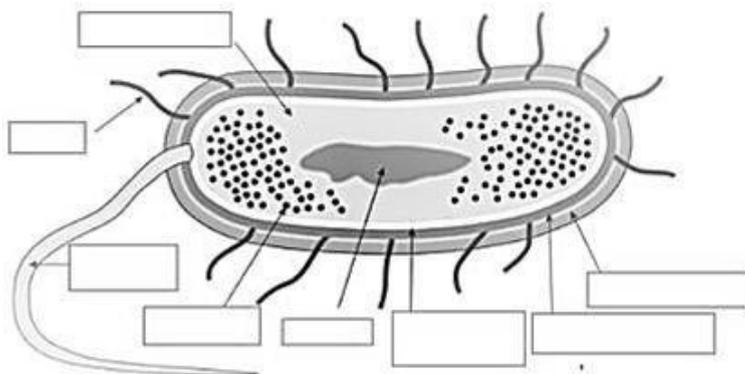
5. Identifica en los esquemas cada una de las organelas que componen ambos tipos celulares.



<https://ar.pinterest.com/pin/521080619368183705>



<http://paraquefuturoeducamos.blogspot.com/2011/10/actividad-para-celula-animal-y-vegetal.html>



<https://ar.pinterest.com/pin/531495193502987476>

BIBLIOGRAFÍA

- Audesirk, Teresa; Audesirk, Gerald; Byers, Bruce E. (2013). Biología. La vida en la Tierra. Con fisiología. 9ª Ed. Pearson Educación de México, S.A de C.V., México. ISBN: 978-607-32-1526-8.

- Biología. Conceptos básicos. (2015). Secretaría Académica Dirección de Articulación, Ingreso y Permanencia. Universidad Nacional del Litoral.
- Curtis H. y Barnes S., (2000) Biología. Buenos Aires, Argentina. 6º Edición, Editorial Médica Panamericana.
- Escudero N. y col., (2017). Guía de trabajos prácticos de Biología General y Celular. San Luis, Argentina. Nueva Editorial Universitaria-UNSL.
- **SITIOS WEB**
- Megías, M., Molist, P., & Pombal, M. (2017). Atlas de histología animal y vegetal. Vigo, España: Universidad de Vigo. Recuperado de https://www.uvigo.gal/uvigo_es/
- Sabbatino, V., Lassalle, A., & Márquez, S. (2007). Biología celular y humana. Guía Práctica. Ediciones WorldCopy. Recuperado de <https://www.genomasur.com>

TEMA 4

REPRODUCCION CELULAR

Ciclo celular. Cromosomas y cromatina. Reproducción celular. Mitosis y meiosis. Generalidades. Herencia. Teoría mendeliana de la herencia. Experiencias de Mendel.

La multiplicación celular es uno de los aspectos más fascinantes y ampliamente estudiados en Biología, ya que constituye la base de la continuidad y la transmisión de la vida. Debido a la cantidad y complejidad de aspectos que involucra este proceso, su estudio suele abordarse como una secuencia simplificada de etapas que culminan en la reproducción celular. Por ello, el objetivo de esta unidad es analizar el tema teniendo en cuenta, además, lo que representa la división celular como etapa del ciclo celular, haciendo referencia al contexto en el cual ocurre, es decir al organismo en su totalidad.

OBJETIVOS GENERALES

- Adquirir y utilizar vocabulario biológico específico relacionado con el tema.
- Comprender cómo se organiza el material genético en el núcleo de la célula eucariota.
- Definir correctamente el ciclo celular e identificar las fases que lo componen.
- Comprender el mecanismo de división celular y distribución del material genético.
- Reconocer las etapas de la mitosis y de la meiosis y su importancia biológica.
- Relacionar la meiosis con la herencia de caracteres determinados en los genes.
- Definir correctamente los términos gen, cromosoma, alelo, cromosoma homólogo, cromátides, alelo dominante, alelo recesivo y heterocigoto.

NÚCLEO

El núcleo es la estructura típica y más destacada de la célula eucarionte, tanto por su morfología como por sus funciones. El núcleo tiene como funciones: almacenar la información genética en el ADN, transcribir la información almacenada en el ADN en forma de ARN, ejecutar, dirigir y regular las actividades citoplasmáticas, a través del producto de la expresión de los genes: mayoritariamente proteínas, pero también distintos tipos de ARN que cumplen distintas funciones en las células. El núcleo está rodeado por la envoltura nuclear, una doble membrana interrumpida por numerosos poros nucleares. Los poros actúan como una puerta selectiva a través de la cual ciertas proteínas ingresan desde el citoplasma, como también permiten la salida de los distintos ARN y sus proteínas asociadas. La envoltura nuclear es sostenida desde el exterior por una red de filamentos intermedios dependientes del

citoesqueleto, y por la lámina nuclear que se localiza adyacente a la superficie interna de la envoltura nuclear contribuyendo a mantener la forma esférica característica de esta organela. El núcleo también tiene un nucleoplasma, en el cual están disueltos solutos y un armazón filamentoso, la matriz nuclear, la cual proporciona soporte al ADN y a los grandes complejos proteicos que intervienen en la replicación y transcripción del ADN.

Nucleolo

Es la región heterocromática (más coloreada que el resto del núcleo) más destacada del núcleo. No existe membrana que separe el nucleolo del nucleoplasma. Es una estructura esferoidal, formado por proteínas y ADN ribosomal (ADNr). La mayor parte de las células tanto animales como vegetales, tienen uno o más nucleolos, aunque existen ciertos tipos celulares que no los tienen. En el nucleolo se sintetiza el ARNr que al juntarse con ciertas proteínas forman las subunidades ribosómicas (Figura 1).

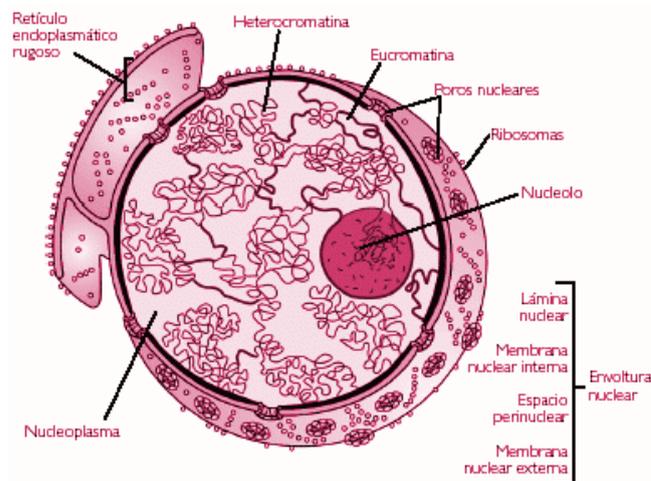


Figura 1: Núcleo celular en donde se indican sus partes constituyentes. Imagen extraída de: <https://www.hiru.eus/es/biologia/el-nucleo-celular>

EL CICLO CELULAR

La teoría celular (ver tema 3) afirma que la vida se genera a partir de vida pre-existente. Esta teoría establece que la célula es la unidad básica de la vida, y que toda célula se origina a partir de otra célula. Los eventos que conducen a la multiplicación celular pueden considerarse como "etapas de un ciclo", ya que podemos representarlos consecutivamente en una secuencia que, al concluir, retorna al punto de partida reiniciando el proceso. Así, se denomina **ciclo celular** a la sucesión de cambios que ocurren durante la vida de la célula e incluyen la proliferación celular. Las células surgen por división celular a partir de otra célula preexistente. La célula progenitora duplica su material genético y luego lo distribuye,

de manera que cada futura célula hija reciba una copia completa del mismo. Finalmente se divide el citoplasma de la célula progenitora, con sus correspondientes organelas, dando lugar a la formación de dos células hijas.

Las células hijas heredan una copia íntegra de la información genética presente en la célula original. Sin embargo, cada célula hija recibe aproximadamente la mitad del citoplasma de la célula progenitora; deberá pasar entonces por un período de crecimiento hasta estar en condiciones de entrar, a su vez, en una nueva etapa de división.

El ciclo de vida de una célula eucariota, comprende una etapa de interfase, y una etapa de división celular o etapa "M". La descripción del proceso gira en torno del estado y organización del ADN, es decir, de la molécula portadora de la información genética. Tanto las células procariontes como las eucariontes tienen ciclos de crecimiento, actividad metabólica, replicación del ADN y división. Sin embargo, tienen importantes diferencias estructurales y funcionales, como la organización de su ADN: la estructura, tamaño, número y ubicación de sus cromosomas. Por consiguiente nos centraremos solamente en el ciclo celular de células eucariotas.

La mayor parte de su vida una célula permanece en interfase, estado anterior y posterior a la mitosis. Abarca los periodos: G1, S, G2 y G0 los primeros representan la etapa metabólicamente activa de la célula, donde el material genético está representado por la cromatina y G0 representa la salida del ciclo celular o punto de No retorno al mismo. En tanto que la división comprende a algunas divisiones celulares: mitosis o meiosis (Figura 2).

Figura 2: Ciclo celular. Se indican las etapas de la interfase, sus principales acontecimientos y en la fase M de división celular

se indica el proceso de mitosis. Extraído de: <https://theory.labster.com/es/cell-cycle-https/>

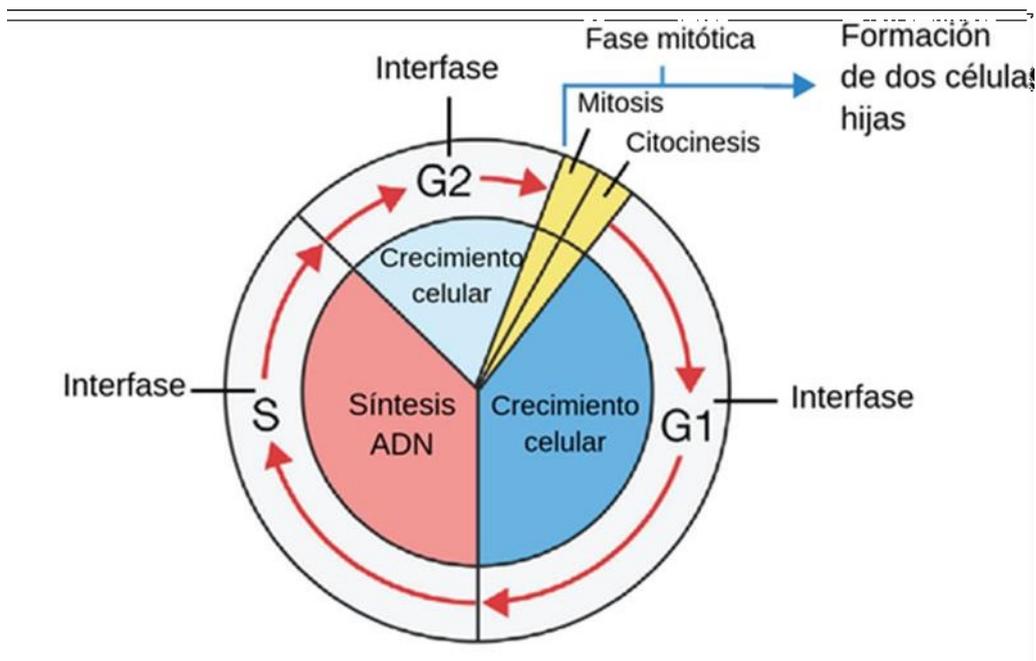


Figura 2: Ciclo celular. Se indican las etapas de la interfase, sus principales acontecimientos y en la fase M de división celular se indica el proceso de mitosis. Extraído de: <https://theory.labster.com/es/cell-cycle-hs/>

- En G_1 la célula aumenta su tamaño (casi duplicándolo), al mismo tiempo que se sintetizan compuestos necesarios para la replicación del ADN ésta es la etapa de crecimiento celular y por ello de intensa actividad metabólica. Las células sintetizan nuevos componentes, hasta alcanzar el tamaño de la célula madre. Además del crecimiento y las funciones inherentes a su automantenimiento, en los organismos pluricelulares cada célula lleva a cabo una función específica. La denominación G proviene de la palabra inglesa "gap", que significa brecha o intervalo (intervalo entre divisiones), haciendo referencia al hecho de que durante esta etapa no se producen cambios visibles al microscopio en el material hereditario. En esta etapa existe un punto o umbral de desarrollo en el que la célula alcanza la capacidad para dividirse. Si ese umbral es superado, al presentarse las condiciones adecuadas se desencadenan generalmente de modo irreversible, los procesos que llevan a completar el ciclo. En caso contrario, la célula permanece en interfase, pudiendo diferenciarse en algún tipo celular especializado (G_0).
- En G_1 a veces las células maduran y abandonan el ciclo celular entrando en una etapa llamada **G_0** en la que las células se especializan en alguna función, y dejan de proliferar. La célula se dedica específicamente a una función y pasa el resto de su vida realizando dicha función. Por ejemplo, las células en G_0 se dedican a transportar oxígeno como los eritrocitos, se dedican a secretar ácido en el estómago o se dedican

a alguna otra función concreta. Cuando la célula se especializa pasa de estado G1 a un estado denominado G0, en el cual se produce la diferenciación. Esto significa que adquiere características morfológicas y funcionales particulares, según el tejido al que pertenece. En ese estado la célula es incapaz de dividirse.

- En la **etapa S** (del inglés "synthesis") es donde ocurre la síntesis y replicación del material hereditario contenido en el núcleo, es decir, el ADN. También se produce la síntesis de proteínas asociadas al ADN, las histonas y las proteínas no histónicas que se dirigirán al núcleo para ayudar a la compactación del material genético. Cada molécula de ADN del núcleo celular se utiliza como molde para generar dos moléculas de ADN idénticas. Este proceso se denomina **replicación** del ADN. Las dos copias idénticas permanecen unidas hasta la división celular.

- En la **etapa G₂** se activan todos los procesos metabólicos relacionados con el mantenimiento con vida de la célula y se sintetizan los compuestos necesarios para que, a continuación, se desencadene la división celular, por ejemplo, proteínas tubulinas que van a formar parte del uso mitótico.

Las restantes etapas del ciclo celular son:

- **División celular:** las moléculas de ADN ya duplicadas se separan para originar núcleos hijos. En la división mitótica se originan dos núcleos con idéntico contenido de ADN a la célula original, mientras que en la división meiótica se originan cuatro núcleos con la

- mitad de ADN que los de la célula progenitora
- Citocinesis: una vez reorganizada la envoltura nuclear alrededor del material genético separado (núcleos hijos) se produce un fraccionamiento del citoplasma y separa definitivamente las nuevas células. Este proceso presenta diferencias entre células vegetales y animales debido a la presencia o ausencia de la pared celular.

En un organismo pluricelular, para que una célula se divida debe encontrarse en un estado indiferenciado, es decir que no ha adquirido una función específica. En consecuencia, sólo algunas de sus células tienen la capacidad de dividirse.

- La División Celular sólo tiene lugar luego de que la célula haya alcanzado un desarrollo adecuado que le permita: a) disponer de suficiente citoplasma y organelas para repartir entre las células hijas, b) sintetizar una copia de todo su ADN y c) fabricar las moléculas necesarias para la división. Por eso, las condiciones del medio donde se desarrolla la célula (temperatura, pH, disponibilidad de nutrientes, acción hormonal, etc.) influyen sobre el inicio del proceso de división.

📌 Actividades

- ¿Cuál es la importancia de la duplicación del material hereditario durante el ciclo celular? ¿Cuál es la finalidad de ese proceso?

- ¿Qué biomoléculas se sintetizarán en cada una de las etapas del ciclo celular?

Relacione las funciones principales de cada etapa y los componentes que se necesitan.

📌 Para reflexionar: ¿Las células pueden dividirse indefinidamente? Justifique su respuesta.

CROMOSOMA Y CROMATINA

En interfase, el ADN con sus proteínas asociadas se encuentra en forma laxa y se denomina **cromatina**. Para que el material genético pueda ser contenido en el espacio que le ofrece el núcleo, debe experimentar nuevos y sucesivos grados de enrollamiento. Durante la división celular, el ADN con sus proteínas asociadas se condensa y se denomina **cromosoma** (Figura 3).

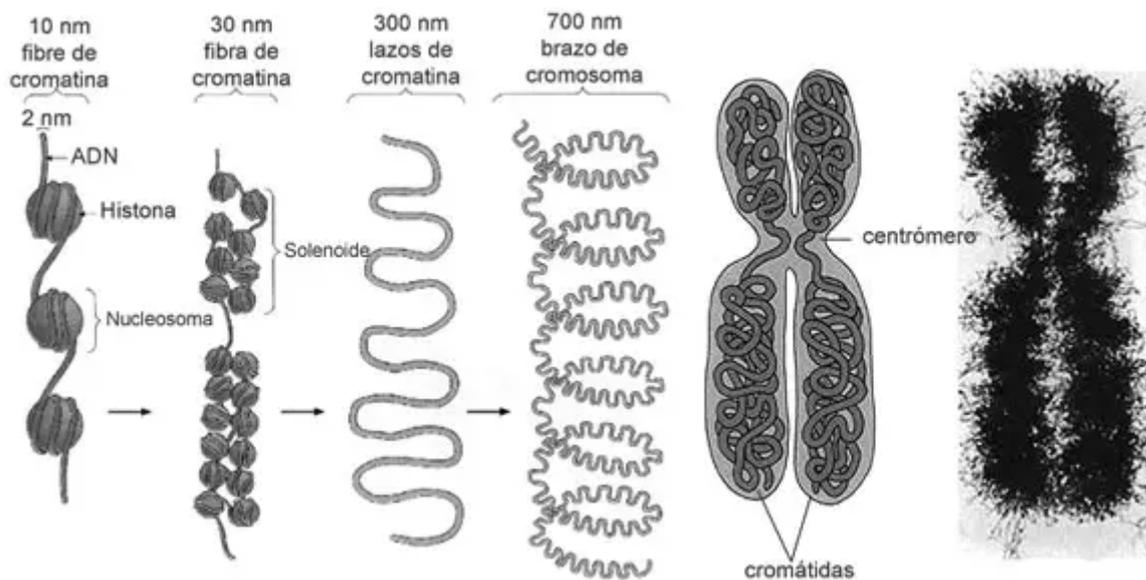


Figura 3: Cromosomas condensados próximo a dividirse y cromatina descondensada en interfase. El ADN se combina con proteínas histónicas y no histónicas para alcanzar un alto grado de empaquetamiento. Imagen extraída de: <https://www.asturnatura.com/temarios/biologia/nucleo-mitosis-meiosis/cromatina-cromosomas-cariotipo>

Se denomina **cromosoma duplicado** al cromosoma que en la etapa S del ciclo celular, se replica o duplica el ADN por lo tanto, a partir de la etapa S, cada cromosoma está formado por dos moléculas de ADN unidas a partir de una zona denominada centrómero, y se denominan a partir de allí **cromátides hermanas** (Figura 4).

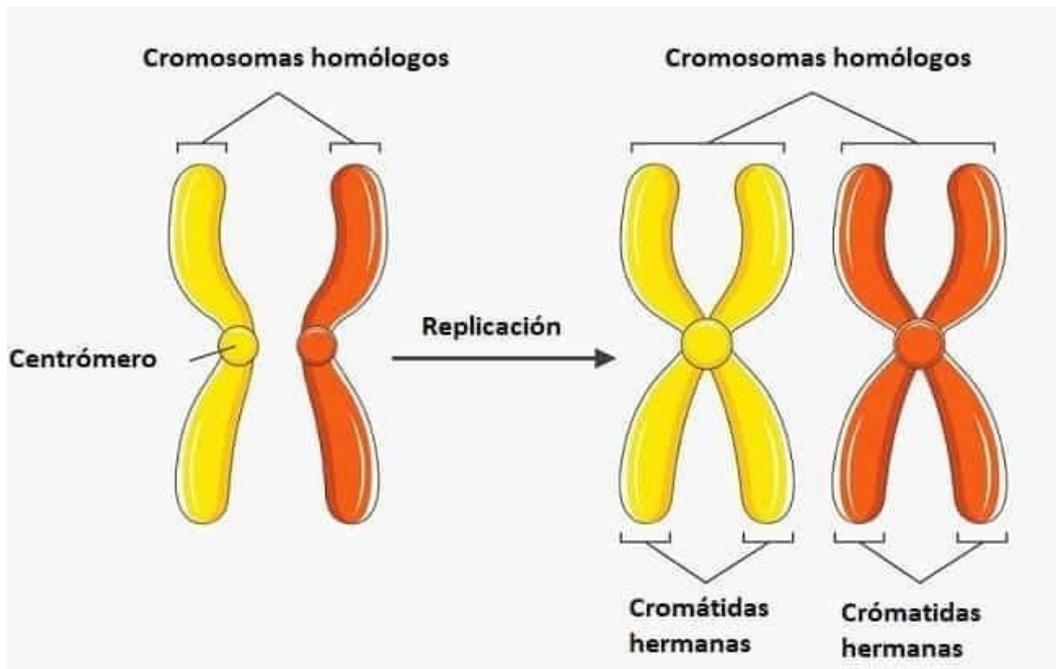


Figura 4: Cromosomas sin replicar y cromosomas replicados, formados por dos cromátidas hermanas. Imagen extraída de: <https://www.elgencurioso.com/diccionario/profase-ii/>

MITOSIS

Comprende la división del núcleo y en particular del material genético ubicado en los cromosomas de la célula a partir de la cual se obtienen dos células hijas genéticamente idénticas entre sí e idénticas a la progenitora. La mitosis es un proceso continuo, en el que se reconocen cuatro fases: profase, metafase, anafase y telofase

Durante la Interfase, el ADN se encuentra descondensado, es decir que está poco enrollado y ocupando todo el interior del núcleo, por lo que no se puede distinguir los límites de cada cromosoma. Pero al comenzar la división celular, el ADN se condensa enrollándose progresivamente sobre sí mismo muchas veces, de tal forma que su longitud se reduce permitiendo la separación e individualización de cada cromosoma, posibilitando de esta forma la segregación a polos opuestos de la célula cuando esta va a dividirse e ingresa a la Fase M.

La fase M o de división celular comprende la mitosis, o división del material genético y la citocinesis o división del citoplasma. Este es un tipo de división característico de las células eucariotas. La mitosis se inicia en una célula después de la interfase, de manera que sus cromosomas ya se encuentran duplicados. Cada cromosoma consta de dos cromátidas hermanas, es decir dos copias de ADN idénticas. Durante el transcurso de la mitosis dichas copias se separan una de otra, constituyéndose, cada una de ellas, en un cromosoma hijo. Los dos grupos de cromosomas hijos están destinados a las dos células descendientes. Generalmente la mitosis va acompañada de un proceso de citocinesis o división del

citoplasma.

Generalmente la mitosis va acompañada de un proceso de citocinesis o división del citoplasma. La mitosis genera dos células hijas genéticamente idénticas y se desarrolla en las siguientes etapas:

En función de cómo y dónde se localiza el ADN dentro de una célula eucariota durante la división mitótica y las estructuras específicas que se generan, se pueden distinguir cuatro etapas (Figura 5):

1. Profase: se produce gradualmente la condensación de los cromosomas y desaparecen la membrana nuclear y el nucléolo, quedando los cromosomas libres en el citoplasma. Desde polos opuestos de la célula se organiza el huso mitótico o acromático, constituido por moléculas proteicas en forma de fibras o filamentos, que se insertan en un complejo proteico ubicado en el surco principal de los cromosomas duplicados el cinetocoro de cada cromosoma (Figura 5). Estas fibras están formadas por microtúbulos que se reorganizan para formar este huso ("aguja") al momento de la división.

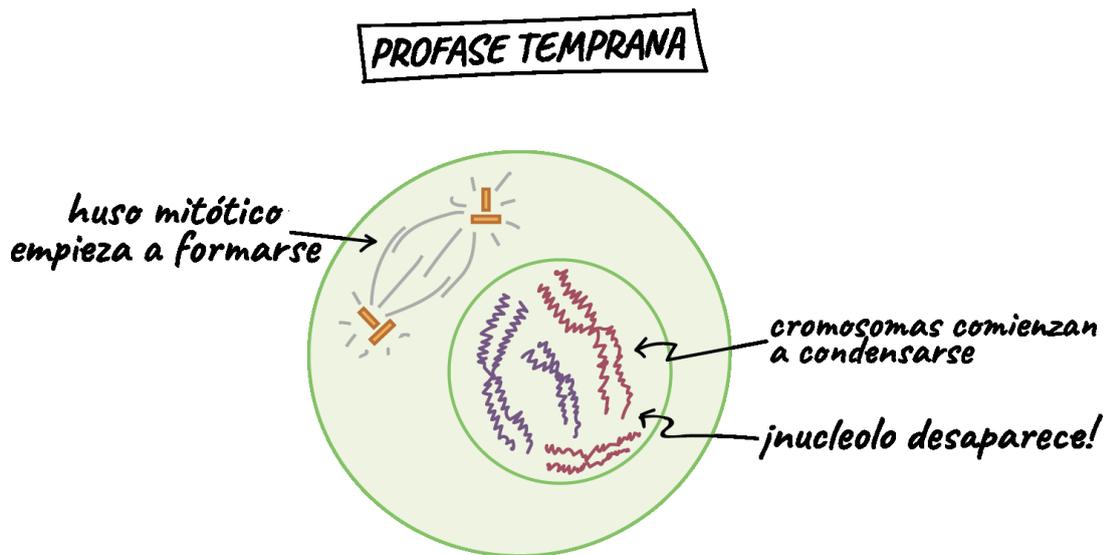


Figura 5: Profase en donde se presentan los principales eventos. Imagen extraída de: <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/cell-communication-and-cell-cycle/cell-cycle/a/phases-of-mitosis>

2. Metafase: los cromosomas se alinean en un mismo plano localizado en la porción media de la de la célula, denominado placa ecuatorial. En ese momento el grado de condensación del ADN es máximo. En cada cromosoma, los cinetocoros de las cromátides hermanas se unen a los microtúbulos que emergen de los centrómeros ubicados en polos opuestos de la célula. Todo el aparato de microtúbulos se denomina — debido a su forma alargada (como agujas) **huso mitótico** y esta formado por 3 tipos de microtúbulos: polares, del áster (en células animales) y cinetocóricos (Figuras 6 y 7).

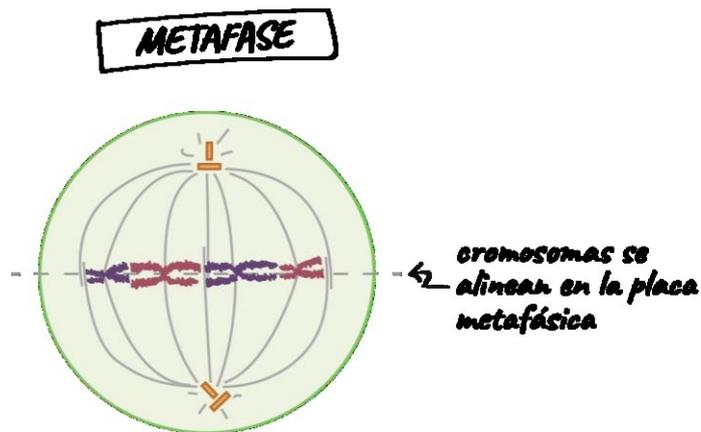


Figura 6: Cromosomas en metafase alineados en el plano ecuatorial de la célula. Imagen extraída de: <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/cell-communication-and-cell-cycle/cell-cycle/a/phases-of-mitosis>

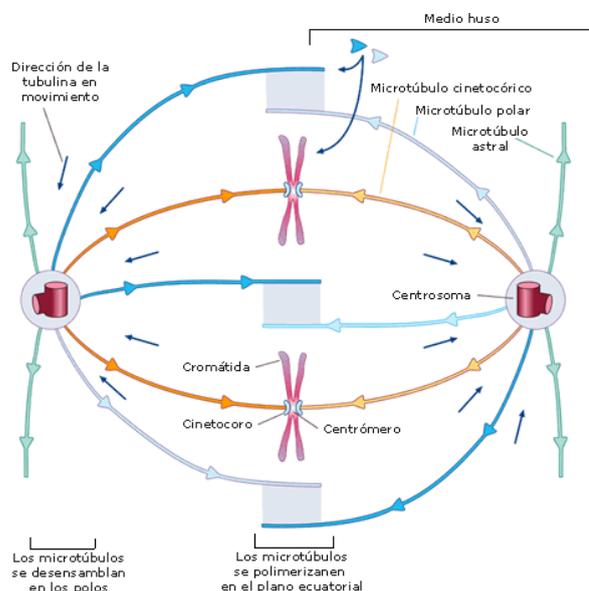


Figura 7: Microtúbulos del huso. Imagen extraída de: <https://centroderecursos.educarchile.cl/handle/20.500.12246/38010>

3. Anafase: Se separan súbitamente las cromátidas hermanas, las cuales migran hacia polos opuestos debido a la tracción ejercida por el huso mitótico al reducir su longitud. Ahora cada cromosoma está formada por una única molécula de ADN. De este modo, cada cromátide se convierte en un cromosoma completo. Los dos cromosomas liberados comienzan a moverse hacia los extremos opuestos de la célula, a medida que microtúbulos del cinetocoro se acortan. La célula se alarga a medida que los microtúbulos polares se repelen entre si y los microtubulos del cinetocoro, se acortan. Al final, los dos extremos de la célula tienen conjuntos equivalentes y completos de cromosomas (Figura 8)

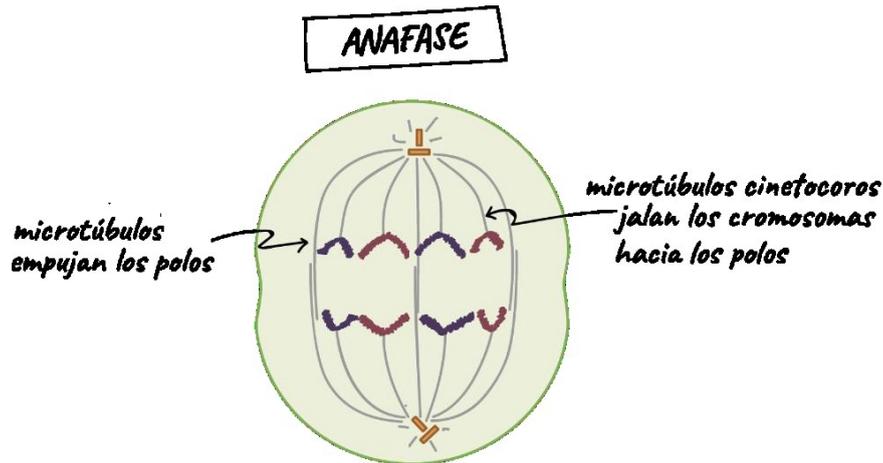


Figura 8: Anafase. Se separan las cromátidas hermanas. Imagen extraída de: <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/cell-communication-and-cell-cycle/cell-cycle/a/phases-of-mitosis>

4. **Telofase:** al llegar a los polos de la célula, el ADN comienza a descondensarse y se restablece la membrana nuclear en torno a los cromosomas. Finaliza así la cario cinesis o división nuclear. Las envolturas nucleares surgen de los fragmentos de la envoltura nuclear de la célula progenitora y otras porciones del sistema de endomembranas. La mitosis, la división del núcleo en dos núcleos genéticamente idénticos, ahora está completa.

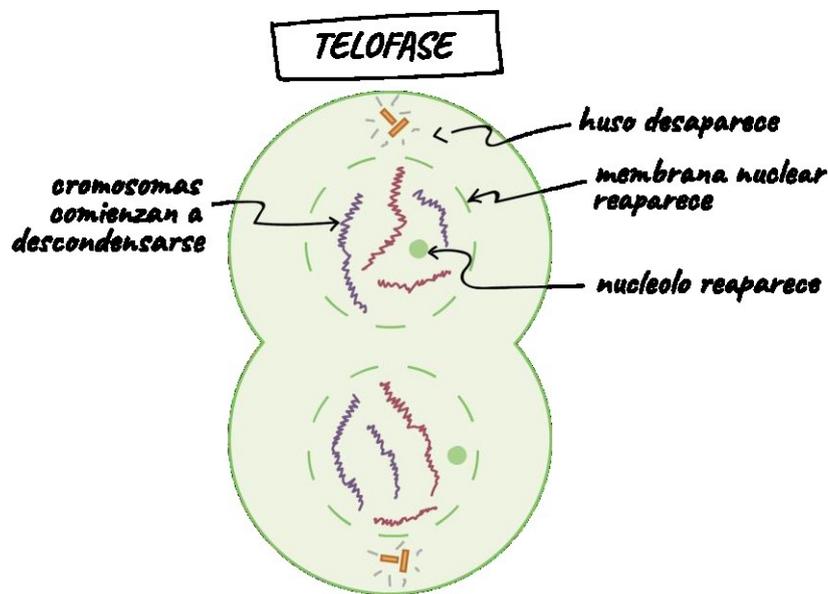


Figura 9: Telofase: Eventos principales, descondensación de cromosomas y reaparición envoltura nuclear y nucléolo. Imagen extraída de: <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/cell-communication-and-cell-cycle/cell-cycle/a/phases-of-mitosis>

📌 Actividad

1. Definir los siguientes conceptos: interfase, mitosis, cromosoma, huso mitótico, plano ecuatorial, polo celular, cromátidas hermanas.
2. Analizando los esquemas de la división mitótica presentados en la Figura 5, indica: ¿Con cuántos cromosomas inicia la célula la división? ¿Con cuántos contará cada célula hija?

3. Realice un mapa conceptual con los principales eventos de cada etapa de la mitosis.
4. Defina la Fase M del ciclo celular. ¿Es sinónimo de mitosis?
5. ¿Cuál es la importancia biológica de la mitosis?

CITOCINESIS

Al concluir la mitosis, la célula posee dos núcleos idénticos ubicados en extremos celulares opuestos. Inmediatamente se desencadena el proceso de citocinesis, es decir, la separación del citoplasma para formar dos células hijas idénticas entre sí. En las células animales, la citocinesis empieza a advertirse ya desde la anafase por la formación de un surco de segmentación en la superficie celular, y la citocinesis se produce por deposición de proteínas contráctiles en la membrana celular, precisamente en el perímetro donde se ubicaba la placa ecuatorial. La contracción de dichas proteínas produce un estrangulamiento de la célula en su punto medio, dividiendo en dos al citoplasma y separando definitivamente a ambas células hijas. En el caso de los vegetales, la pared celular imprime tal rigidez a la célula que no permite ese estrangulamiento, de modo que la citocinesis ocurre mediante la deposición de moléculas de hemicelulosa que han sido formadas por el aparato de Golgi, originando una pared primordial y más tarde una nueva pared donde se situaba la placa ecuatorial, formando un tabique que separa a ambas células hijas (Figura 10).

En todo el proceso de división celular y citocinesis vimos que las instancias son estrictamente respetadas y la sincronía entre los cromosomas se mantiene: se condensan, se alinean en la placa ecuatorial y migran hacia los polos simultáneamente. Y sólo cuando culmina la migración se forman las barreras que separan los nuevos núcleos y las nuevas células. Cualquier alteración en alguno de estos procesos puede generar errores en la distribución equitativa del ADN. Esto provocaría la aparición de células anormales, desencadenando generalmente la muerte de las mismas, por lo que no se cumpliría la premisa de continuidad de la vida.

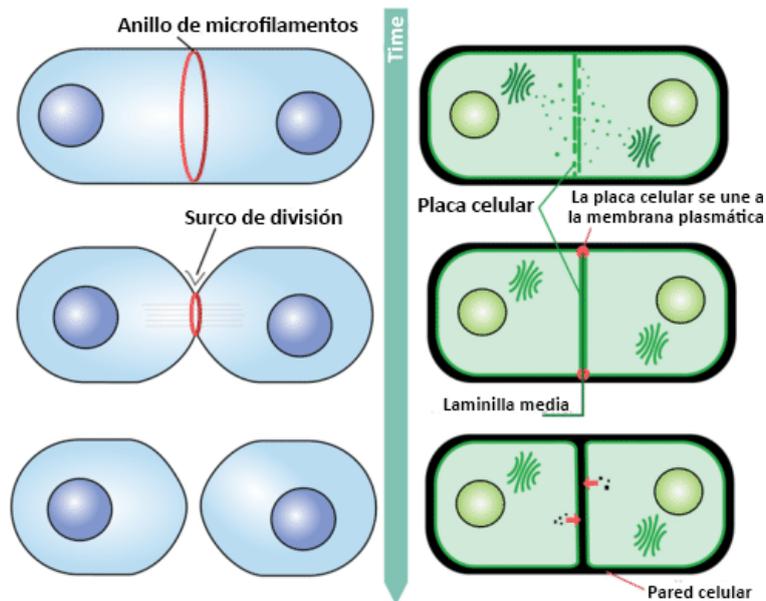


Figura 10: Citocinesis en células animales y vegetales. Imagen extraída de: <https://flexbooks.ck12.org/cbook/ck-12-conceptos-biologia/section/2.35/primary/lesson/mitosis-y-citocinesis/>

IMPORTANCIA BIOLÓGICA DE LA MITOSIS

Durante su crecimiento, los organismos incrementan el número de células en sus tejidos, dado que poseen una tasa de división celular elevada. Esa tasa decrece con el tiempo de forma que, al alcanzar la madurez, el número de células capaces de dividirse es menor y prácticamente tienden a reemplazar a las que van muriendo. Al envejecer se produce en el conjunto del organismo un balance negativo entre la tasa de aparición celular y la tasa de senescencia, prevaleciendo esta última. Los diferentes tejidos varían en su capacidad y frecuencia de división celular. Porejemplo, la piel produce células nuevas durante toda la vida del organismo, las cuales reemplazan las capas que se van perdiendo y cicatrizan las heridas. Los folículos pilosos producen el crecimiento del pelo, pero van muriendo progresivamente a medida que envejece el organismo. En cambio, las neuronas se generan durante las primeras etapas del crecimiento y luego no son reemplazadas a medida que mueren.

Con las sucesivas divisiones, las células van perdiendo su capacidad de multiplicarse. Esto se debe a que en el proceso de replicación del ADN ocurren deficiencias acumulativas en los extremos de los cromosomas denominados telómeros (Figura 11), cuya estructura impide a las enzimas nucleasas degradar el ADN. La acumulación de dichas deficiencias provoca que en determinado momento la estructura del telómero no pueda continuar protegiendo al cromosoma de la degradación enzimática. Así, esa célula ve afectado su contenido genético hasta el punto de volverse incapaz de dividirse. Por consiguiente, conforme transcurre la vida del organismo son cada vez menos las células de su cuerpo con capacidad de multiplicarse. En algunos casos la mitosis también se relaciona con la reproducción asexual por fraccionamiento del individuo (como sucede en

vegetales y algunos animales inferiores). Sin embargo, esa proliferación no ocurre en forma arbitraria, sino que se lleva a cabo en forma ordenada y coordinada dentro de determinadas regiones y tejidos del organismo.

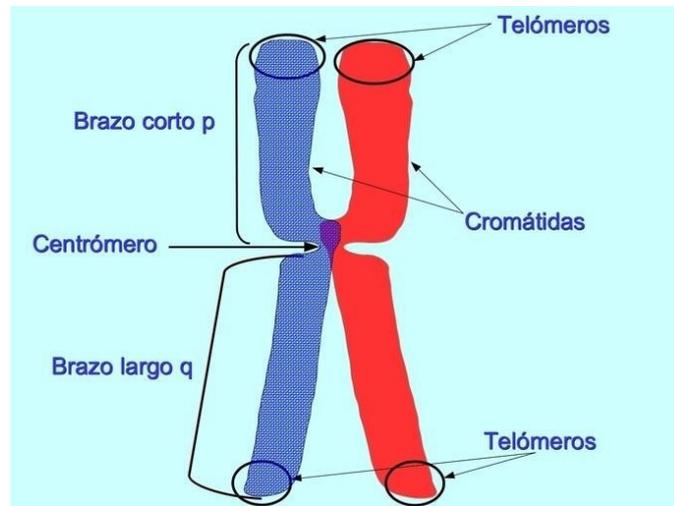


Figura 11: Partes de un cromosoma. Imagen extraída de: <https://www.todamateria.com/cromosomas/>

Algunos organismos también se pueden reproducir mediante fraccionamiento de algunas partes de su estructura. En el caso de los vegetales, la multiplicación asexual está dada por la separación de partes del vegetal (fitómero) que se independizan del organismo de origen. Esto es posible dado que cada fitómero tiene un meristemo a partir del cual continúan produciendo nuevas partes. A este modo de reproducción se lo denomina propagación vegetativa y es un tipo de clonación. En algunos animales inferiores como los Anélidos (lombrices de tierra, gusanos redondos), también existe multiplicación por fraccionamiento de su organismo.

En ambos casos los individuos provienen de tejido generado por divisiones mitóticas, siendo genéticamente idéntico al que sufrió el fraccionamiento de su estructura, es decir, clones. Este tipo de multiplicación, en términos de división celular se equipara a lo que ocurre en los organismos unicelulares

MEIOSIS

La división meiótica es un requisito para la reproducción sexual en todos los organismos eucariontes. En los animales, la división meiótica ocurre únicamente en ovarios y testículos. Consiste en una **división especializada del núcleo** llamada meiosis y dos rondas de citocinesis con una sola replicación del ADN, para producir cuatro células hijas que pueden convertirse en gametos (óvulos o espermatozoides).

La reproducción sexual es un tipo de reproducción en donde intervienen dos progenitores, se forman células denominadas gametos con un solo conjunto de cromosomas y luego estos gametos se fusionan en el proceso de fecundación formando un huevo o cigoto que portara nuevamente dos juegos de cromosomas que forman parte del contenido génico característico de la especie y forma un descendiente genéticamente único que es semejante a ambos padres, pero no es idéntico a ninguno.

En esencia, la división meiótica es similar a la mitosis en cuanto al comportamiento del ADN durante el proceso, pero se diferencia en que ocurren dos eventos de redistribución del material hereditario en lugar de uno, pudiéndose considerarse como la suma de dos divisiones celulares sucesivas, precedidas de sólo una replicación del material hereditario en el período S del ciclo celular.

Este tipo particular de división ocurre exclusivamente en los órganos reproductivos a partir de células denominadas germinales y cada célula hija resultante se denomina gameto (célula reproductiva).

En la mayoría de los organismos pluricelulares, la mayoría de las células de los mismos portan dos conjuntos completos de cromosomas (en algunos casos hasta seis conjuntos de cromosomas, por ejemplo en algunas variedades de trigo) es decir que son diploides. La meiosis da lugar a la formación de **células haploides** o gametos. Las células haploides o gametos tienen una dotación simple de cromosomas, a diferencia de las células somáticas (que dan origen a todos los tejidos y órganos del cuerpo) que son **diploides**, es decir, tienen dos conjuntos cromosomas (dotación doble). Por lo tanto, durante la meiosis ocurre una reducción en el número de cromosomas. La meiosis consiste en dos divisiones sucesivas que producen cuatro células hijas haploides. En cada una de las dos divisiones meióticas se pueden reconocer casi las mismas fases que en la mitosis.

Meiosis I

Etapas precedida por las etapas preparatorias del ciclo celular.

- **Profase I**, el ADN se empaqueta formando los cromosomas. Estos debido a la duplicación del material genético durante la interfase cada cromosoma aparece constituido por 2 brazos llamados cromatidas hermanas unidas por una estructura denominada centrómero. En esta etapa los cromosomas homólogos (cromosomas que provienen del progenitor paterno y materno y que poseen información para las mismas características, es decir los mismos genes (Ver Figura 4)) se juntan y se aparean intercambiando los fragmentos de ADN lo que permite la recombinación del material genético. Este proceso se denomina **entrecruzamiento, recombinación o crossingover** y corresponde a uno de los importantes mecanismos que producen diferencias genéticas entre las células resultantes. Terminado el entrecruzamiento desaparece la membrana nuclear y comienzan a formarse las fibras de huso (Figura 12).

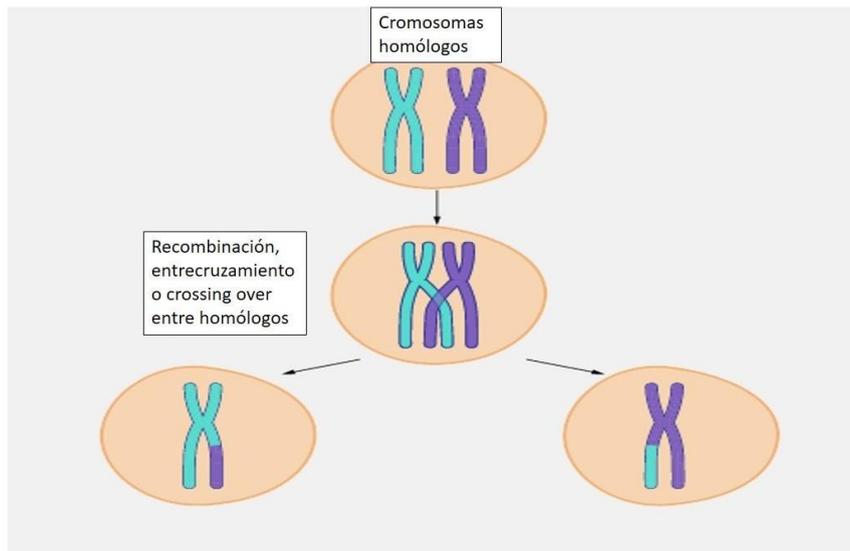


Figura 12: Recombinación o entrecruzamiento entre cromátides de cromosomas homólogos en profase de la Meiosis I. Imagen modificada de: <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Cruzamiento>

- **Metafase I** las fibras del huso ya están formadas y los **cromosomas homólogos** se ubican en forma aleatoria uno frente al otro en el plano ecuatorial de la célula.
- **Anafase I** cada cromosoma del par homologo es arrastrado hacia uno u otro lado de la célula independientemente de los otros pares. En la telofase I finaliza la primera división meiotica las fibras del huso desaparecen y los cromosomas ubicados ya en los polos desaparecen por la descondensación del ADN. Finalmente se reorganiza la membrana nuclear y se produce la citocinesis originándose dos células cada una con un cromosoma duplicado de cada par homologo.
- **Telofase I:** se produce una leve descondensación del ADN sin formación de membrana nuclear. Esta etapa puede estar ausente en algunos organismos.

Meiosis II

- **Profase II:** se vuelven a condensar completamente los cromosomas, cada uno con sus dos cromátidas y se organizan los polos y el huso acromático.
- **Metafase II:** los cromosomas duplicados se alinean por sus centrómeros en la placa ecuatorial.
- **Anafase II:** la tracción del huso provoca la separación de las cromátidas hermanas.
- **Telofase II:** el ADN ya en los polos se descondensa y se forma la membrana nuclear en los núcleos hijos.

Tanto en Meiosis I como en Meiosis II se produce citocinesis, pero debemos recordar que solo ha ocurrido una única duplicación del ADN. El resultado como ya hemos visto son 4 células HAPLOIDES (Figura 13).

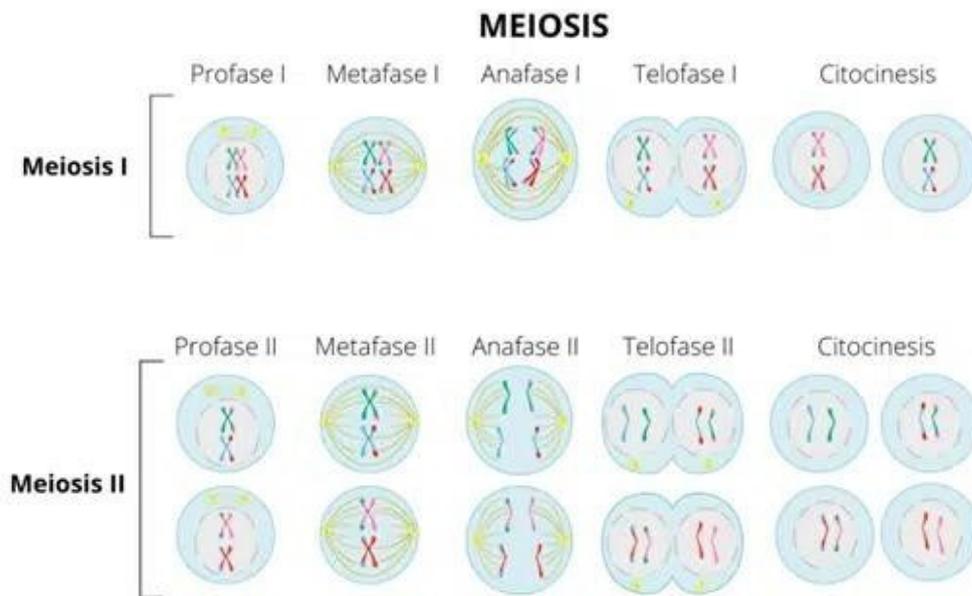


Figura 13: Meiosis. Se indican los principales eventos de la Meiosis 1 (recombinación de cromátides de cromosomas homólogos) y su resultado, dos células hijas haploides, cada cromosoma con 2 cromátides. En Meiosis II se indican las etapas por las que atraviesan las 2 células hijas generadas en Meiosis 1 y los cambios en su material cromosómico. Imagen extraída de: <https://adntro.com/es/blog/aprende-genetica/meiosis/>

¿CÓMO SE GENERA VARIABILIDAD GENÉTICA EN LA MEIOSIS?

El objetivo principal de la meiosis es la generación de gametos portando nuevas variantes genéticas, a través de la redistribución equilibrada y aleatoria de la información hereditaria del individuo. Por eso, para responder a esta pregunta debemos contemplar la meiosis bajo dos niveles de análisis: el génico y el cromosómico.

A nivel génico: durante la profase I, los cromosomas homólogos apareados intercambian fragmentos entre cromátidas no hermanas, combinando así la información genética que portan (orígenes paterno y materno). De este modo, los cromosomas presentes en los gametos no son idénticos a los de las células somáticas que los originaron en cuanto a la información genética que portan, sino que llevan combinaciones de fragmentos de ambos homólogos, por lo que se denominan cromosomas recombinados. Como mencionamos previamente, este intercambio recibe el nombre de "recombinación" o "entrecruzamiento" y los puntos de unión entre homólogos donde se produjo el intercambio se denominan "quiasmas".

A nivel cromosómico: durante la migración reduccional de los cromosomas en la anafase I, los miembros de cada par cromosómico se separan al azar hacia cada polo (según su orientación en la placa ecuatorial) en lo que se conoce como migración independiente. Si los cromosomas migraran juntos según su origen (paterno o materno), cada individuo solo produciría dos gametos diferentes, uno con todos los cromosomas que heredó de su padre y otro con todos los de su madre. Pero al migrar al azar, las combinaciones que se generan entre cromosomas de distintos orígenes son numerosas. Consideremos por ejemplo al ser humano. Sabemos que en cada una de nuestras

células tenemos 46 cromosomas, es decir 23 pares. La cantidad posible de gametos diferentes a partir de las combinaciones de cromosomas según su origen paterno o materno es de 2²³, o sea alrededor de 8,4 millones de gametos diferentes!

IMPORTANCIA BIOLÓGICA DE LA MEIOSIS

La división meiótica produce gametos con la mitad del contenido de ADN y estos gametos porten variantes genéticas propias y diferentes a las presentes en el individuo que los produce.

Previamente mencionamos que la meiosis está exclusivamente relacionada con el proceso reproductivo y su objetivo es la producción de células especializadas (gametos) que transmitan a la descendencia nuevas combinaciones génicas del ADN de los progenitores. Pero alcanzar este objetivo implica un gasto de energía enorme, de modo que reproducirse sexualmente debe acarrear ventajas que justifiquen semejante inversión de recursos.

Al combinarse la información genética entre cromosomas homólogos y entre gametos en la migración independiente (dentro de un organismo), el objetivo perseguido es la generación de variabilidad. Observando el proceso en detalle, nos daremos cuenta de que también la combinación de variantes genéticas entre organismos de la misma especie al reproducirse para generar un nuevo individuo es una forma de generar variabilidad.

Podemos preguntarnos entonces: ¿para qué generar tanta variabilidad?

La diversidad genética es la base sobre la que una especie evoluciona. La selección natural actúa eliminando a los individuos menos aptos y favoreciendo a los mejor adaptados. De este modo, los que tengan éxito son los que contribuirán con sus genes en mayor proporción a la siguiente generación. Pero como el medio ambiente es variable, para que una especie pueda adaptarse continuamente necesita producir nuevas variantes, capaces de soportar determinados cambios en el medio que habita y además transmitir esa capacidad a su descendencia. Dicho de otra manera, si no existiera variabilidad, la especie podría extinguirse ante cualquier cambio ambiental importante que le resultara perjudicial. La reproducción sexual persigue el objetivo de generar variabilidad que le permita evolucionar y perpetuar la especie en el tiempo.

Pero además de maximizar el beneficio de la generación de variabilidad, el organismo busca disminuir los costos. La reproducción sexual implica que un organismo destine, para la generación de un nuevo individuo, energía que podría utilizar para su propia subsistencia. Por eso, para evitar un gasto innecesario de recursos, la reproducción sólo ocurre en un contexto favorable. Así, la meiosis se produce sólo en tejidos u órganos especializados (flores, ovarios, testículos, etc.) y no en cualquier parte del organismo. Por otro lado, la aptitud para reproducirse se alcanza luego de un período de maduración (pubertad en animales, desarrollo mínimo en vegetales), asegurando que el organismo podrá disponer de los recursos que necesita para llevar a cabo el proceso reproductivo.

Por último, es bien sabido que ni las plantas florecen todo el año ni los animales salvajes están en celo todo el tiempo, sino que dependen de condiciones ambientales que les indican que la reproducción en ese momento es un proceso favorable.

■ **Actividades**

- 1) Esquematice las cuatro etapas de la mitosis e indique sus partes.
- 2) Señala las cuatro etapas de la mitosis en el orden que se presentan después de la interfase:
 - a. (1) profase (2) metafase (3) anafase (4) telofase
 - b. (1) metafase (2) profase (3) anafase (4) telofase
 - c. (1) telofase (2) anafase (3) profase (4) metafase
 - d. (1) anafase (2) telofase (3) metafase (4) profase
 - e. Ninguna de las anteriores es correcta

- 3) Señale los eventos que ocurren durante la meiosis:
 - a. La meiosis se efectúa en células sexuales.
 - b. En la meiosis los cromosomas intercambian el material genético
 - c. En la meiosis resultan células diploides (gametos)
 - d. Todas son correctas
 - e. Ninguna de las anteriores.

- 4) Verdadero o falso, justifique las falsas: (señale con una F o V)
 - a. Durante la meiosis, se produce un aumento de la variación genética.
 - b. La citocinesis es un proceso mediante el cual las células replican sus cromosomas.
 - c. En la meiosis se originan gametos que contienen la mitad del N^o cromosómico.
 - d. Los pares de cromosomas apareados en la meiosis se llaman homólogos.
 - e. La cariocinesis es un proceso mediante el cual el núcleo celular se divide en dos con todos sus componentes.

5) Complete el siguiente cuadro comparativo entre mitosis y meiosis

CARACTERISTICA	MITOSIS	MEIOSIS
Células en que ocurre		
Nº de células resultantes		
Nº cromosómico en las células resultantes		
Funciones		

6) Defina los siguientes términos: .Cromosoma replicado; Cromatide hermana; Recombinación; Genoma haploide; Genoma diploide; Célula Germinal; Célula Somática.

CONCEPTOS BÁSICOS DE HERENCIA

Gregor Mendel fue un monje austríaco (1822-1884), que dilucido con gran claridad los mecanismos de la herencia (Figura 14).

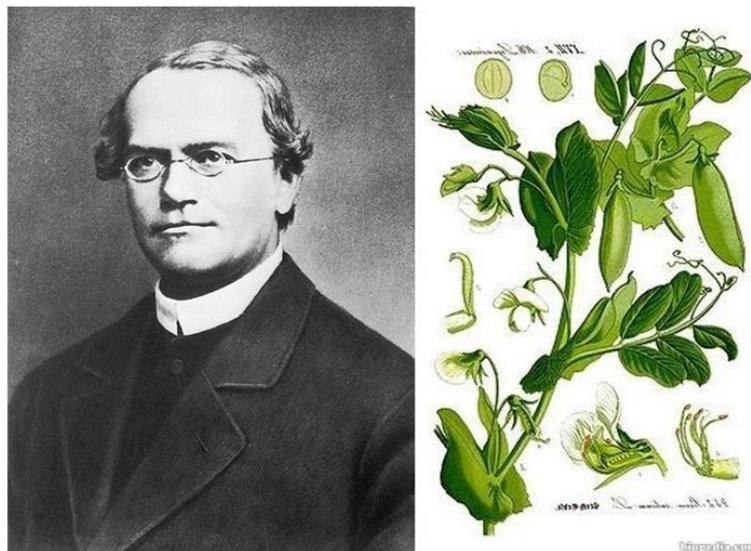


Figura 14: Gregor Mendel (1822-1884), monje austríaco considerado el pionero en estudios de Genética. A la derecha imagen de la planta de guisantes (*Pisum sativum*) con la que realizo sus experimentos. Imágenes modificadas de: https://historia.nationalgeographic.com.es/a/gregor-mendel-padre-genetica_15509 <https://www.biopedia.com/los-guisantes-de-mendel/>

La Genética es la disciplina biológica que estudia cómo se heredan los caracteres determinados en los genes. Llegó al establecimiento de sus conclusiones a través de experiencias de hibridación. La hibridación consiste en cruzar entre sí organismos con características distintas pertenecientes a variedades, razas o especies diferentes. Las unidades de la herencia son los genes, que son segmentos de ADN ubicados en lugares específicos (loci) de los cromosomas. Los genes pueden aparecer en dos o más formas ligeramente diferentes llamadas alelos. Cuando los dos cromosomas homólogos llevan el mismo alelo en un locus, el organismo es homocigoto para ese gen. Cuando dos cromosomas homólogos tienen diferentes alelos en un locus, el organismo es heterocigoto para ese gen.

El organismo empleado por Mendel tiene características muy apropiadas para el estudio de la herencia de características, y en su elección reside parte del éxito que tuvo en encontrar respuestas a las preguntas que se planteó:

- ✓ Es fácil de cultivar.
- ✓ Tiene caracteres fácilmente distinguibles: color, forma, tamaño, etc. Por tanto, presenta variabilidad genética.
- ✓ Produce muchos descendientes.
- ✓ Las plantas del guisante se cruzan con ellas mismas con mucha frecuencia, por autopolinización o autofecundación.
- ✓ En esta planta también es fácil de realizar fecundación cruzada. Es decir, prevenir la autopolinización castrando las flores de una planta (eliminando las anteras)

Mendel realizó su trabajo siguiendo los siguientes pasos:

A) Experimentación

1. Obtención de variedades puras. Permitió que las plantas de arveja de una variedad dada produjeran progenie mediante autopolinización por varias generaciones. De este modo se aseguró que los caracteres que estaba estudiando fueran constantes y se transmitieran regularmente de generación en generación. Por ejemplo, cuando se cruzaba entre sí plantas con flores púrpuras producían sólo plantas con flores púrpuras.

2. Cruzamiento experimental. A partir de estas plantas puras realizó cruces entre variedades que exhibían formas alternativas del carácter. Por ejemplo, removió las partes masculinas de la flor de una planta que producía flores rojas y la fertilizó con polen de una planta de flores blancas. De esta manera obtuvo descendencia híbrida.

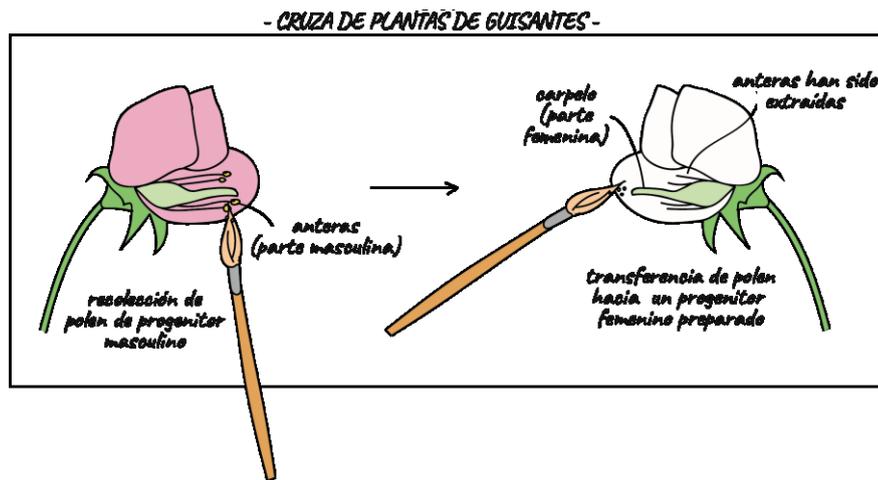


Figura 15: Cruzamiento de variedades puras. Imagen extraída de: <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/heredity/mendelian-genetics-ap/a/mendel-and-his-peas>

3. Autopolinización de híbridos. Permitted que la descendencia híbrida se autopolinizara por varias generaciones. En la descendencia de estos híbridos contó el número de descendientes que presentaban cada tipo alternativo de carácter en las sucesivas generaciones (Figura 16).



Figura 16: Autopolinización de variedades puras. Imagen modificada de: <https://www.investigaciones.com/componentes/procesos-organismicos/49-genetica/129-mendel-y-los-factores-de-la-herencia.html>

B) Resultados

1. Cuando Mendel cruzó dos variedades contrastantes, tales como plantas de flores púrpuras con plantas de flores blancas, obtuvo una primera generación híbrida (Generación F1) que se asemejaba a uno solo de sus progenitores, ya que todos los descendientes fueron plantas de flores púrpuras. Mendel se refirió al carácter que se expresó en esta generación como dominante, y la forma alternativa, que no se expresó en F1, como recesivo.

2. Cuando Mendel permitió que los individuos F1 se autopolinizaran, obteniendo una segunda generación filial (Generación F2). Encontró que algunas de estas plantas F2 exhibían la forma recesiva del carácter. Dedujo que éste había permanecido latente en la generación F1 de modo que reaparecía; entre algunos individuos F2. Contó los individuos que en F2 presentaban uno u otro de los caracteres alternativos, encontrando que $\frac{1}{4}$ de los individuos de la segunda generación exhibían flores blancas, el carácter recesivo.

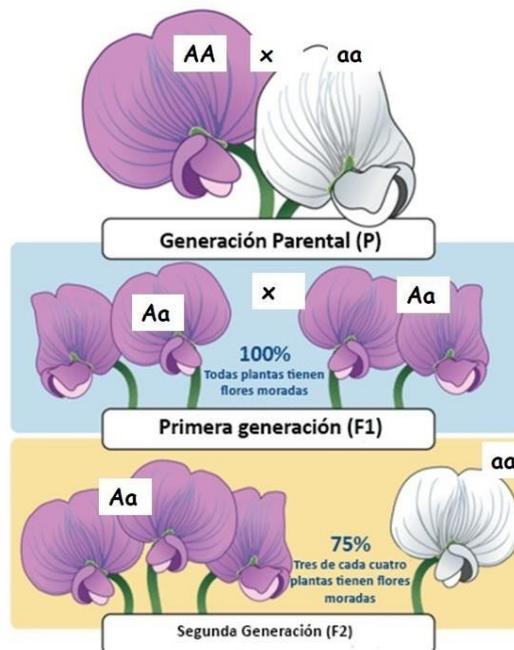


Figura 17: Modelo de Mendel para la herencia de los alelos de un gen único. Modificado de: <https://flexbooks.ck12.org/cbook/ck-12-conceptos-biologia/section/3.2/primary/lesson/primera-serie-de-experimentos-de-mendel/>

C) Interpretación de los resultados

Para explicar estos resultados Mendel propuso un modelo sencillo, que, en términos modernos, pueden resumirse de la manera siguiente.

1. Los progenitores transmiten a su descendencia información acerca de los rasgos en forma de unidades discretas, que se conocen con el nombre de genes. Los genes están compuestos por una secuencia de nucleótidos del ADN. Cada gen particular se localiza en una posición determinada dentro de un cromosoma el que se denomina locus.

3. Cada individuo contiene dos genes que codifican para un mismo carácter y que recibió de sus progenitores: uno del padre y el otro de la madre. Cada par de genes se ubica en locus equivalentes de los cromosomas homólogos.

3. Cada uno de los miembros del par de genes, que da lugar a formas alternativas del carácter, se llama alelo. Cuando un individuo contiene los dos alelos de un par iguales se denomina homocigoto. Cuando estos alelos son distintos se llama heterocigoto. La diferencia entre dos alelos

está determinada por diferencias en uno o más nucleótidos del ADN. Diferentes alelos de un gen usualmente se reconocen por los cambios en la apariencia o en la función que resultan de estas diferencias en los nucleótidos.

4. Los alelos, heredados uno del padre y otro de la madre, no se influyen entre sí, permanecen sin contaminarse, inalterados aun cuando el organismo sea heterocigoto. Cuando un individuo forma gametos, los alelos de cada gen se segregan al azar en cada gameto.

5. En un individuo heterocigoto sólo se expresa el alelo dominante. El alelo recesivo está presente pero no se expresa.

Para distinguir entre la presencia de un gen y su expresión los modernos genetistas se refieren a la totalidad de alelos de un individuo como el genotipo y la apariencia física como el fenotipo. El fenotipo es la manifestación observable del genotipo.

D) Conclusión

Mendel llegó a conclusiones que lo llevaron a postular la **Primera ley de Mendel o Ley de la Segregación** que establece:

Las formas alternativas de un carácter están codificadas por alelos alternativos y no se mezclan en el heterocigoto.

Cuando el individuo heterocigoto forma gametos los alelos segregan unos de otros.

Cada gameto tiene la misma probabilidad de poseer cualquier miembro de un par de alelos.

Mendel examinó siete caracteres alternativos y los resultados siempre fueron los mismos: 75% exhibían la forma dominante, por lo que la relación dominante/recesivo entre las plantas F2 fue 3: 1 (Proporción mendeliana). La Figura 18 muestra los siete caracteres antes mencionados:

	Rasgo Dominante	Rasgo Recesivo
Forma de la semilla	lisa 	arrugada 
Color de la semilla	amarilla 	verde 
Forma de la vaina	hinchada 	contraída 
Color de la vaina	verde 	amarilla 
Color de la flor	púrpura 	blanca 
Ubicación de la flor	en las uniones de las hojas 	en las puntas de las ramas 
Tamaño de la planta	alta (1.8 a 2 m) 	enana (0.2 a 0.4 m) 

Figura 18: Caracteres de guisantes *Pisum sativum* estudiados por Mendel. Extraído de:

<https://www.blogdebiologia.com/metodos-de-mendel.html>

Luego que Mendel demostró la segregación de un par de alelos, investigó el comportamiento de dos o más pares de alelos. El modelo experimental fue similar al que determinó su primera conclusión.

1. Estableció una serie de líneas puras que diferían entre sí en dos de los siete pares de características que había estudiado.

2. Cruzó pares contrastantes de líneas puras. Por ejemplo plantas de semillas lisas (WW) y amarillas (GG) con plantas de semillas rugosas (ww) y verdes (gg). Obtuvo una generación F1 en que todos los individuos fueron idénticos, de semillas lisas y amarillas, pero heterocigotos para ambos pares de genes (WwGg). Un individuo de este tipo es un dihíbrido.

3. Permitió que los dihíbridos se autopolinizaran y obtuvo una generación F2 que presentó la distribución fenotípica de: 9:3:3:1. Donde 9 representa a los individuos que expresan los dos caracteres dominantes, 1 los individuos que expresan los dos caracteres recesivos y 3 y 3 combinaciones alternativas de los dos caracteres. Estos resultados demostraron que cada individuo heterocigoto para los dos alelos forma cuatro tipos de gametos: AB, Ab, aB y ab; lo que hace posible 16 combinaciones en la descendencia (Figura 19).

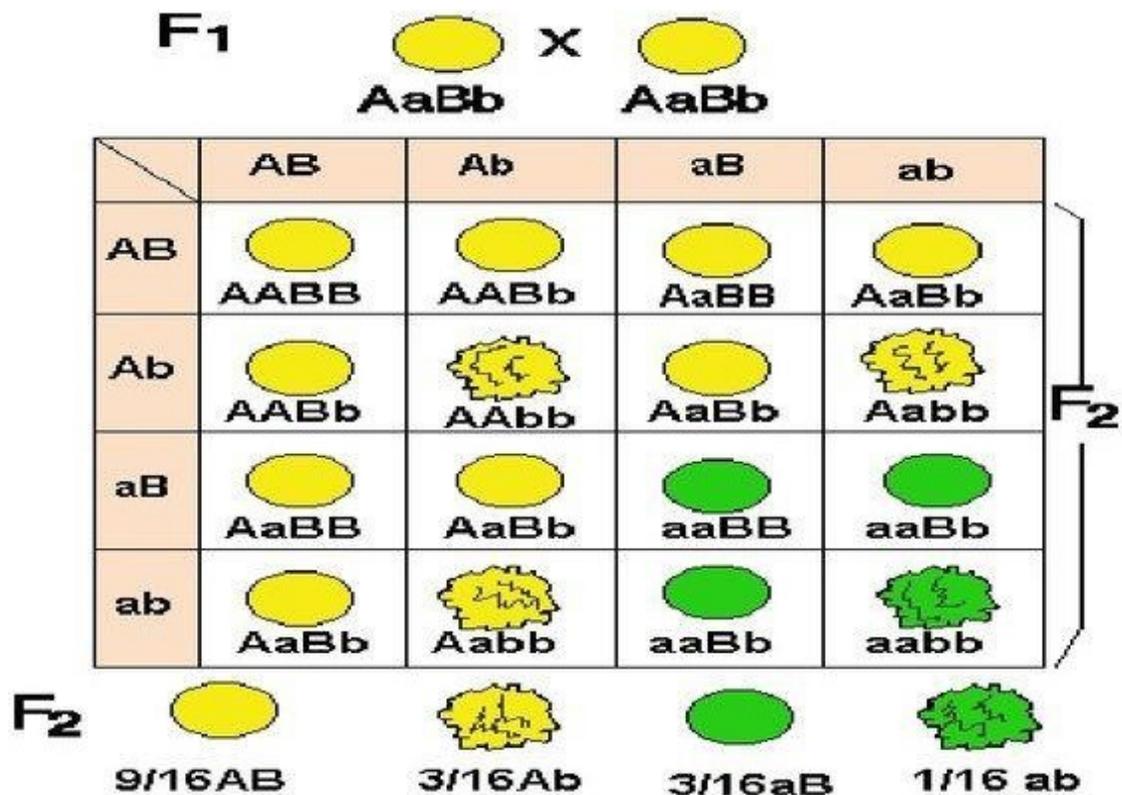


Figura 19: Modelo postulado por Mendel que ejemplifica la segregación independiente de dos características.

Extraído de:

https://w1unzoxs7x4rvib9utoamg.on.dr.v.tw/Humanidad%20y%20medio%20ambiente%202.2/Humanidad_y_medio_ambiente/capitulo_3_la_herencia_y_la_transmision_de_caracteres_introduccion_y_desarrollo_de_las_leyes_de_mendel_aplicaciones.html

Mendel postulo que los factores (no se conocía en ese tiempo la existencia de genes) que determinan el color y la forma de la semilla se distribuyen independientemente al formarse los gametos.

Esta conclusión se conoce como **Segunda ley de Mendel o Ley de la Distribución Independiente**, que puede enunciarse como:

Dados dos o más pares de genes, cada par segrega en forma independiente de otros pares, dando lugar a distintas combinaciones de alelos en los gametos.

Esta distribución independiente de genes no altera de ninguna manera la segregación de pares individuales de alelos. Las semillas lisas y rugosas se producen en relación 3:1, lo mismo que las semillas amarillas y verdes.

Los genes que se distribuyen independientemente, tal como ocurre con los estudiados por Mendel, lo hacen debido a que estos genes se localizan en diferentes cromosomas, los que segregan unos de otros durante el proceso de meiosis que conduce a la formación de los gametos.

Los estudios de Mendel sirvieron para aplicarse en condiciones muy particulares dentro del enorme mundo de posibilidades que plantean los genes y para ello deben cumplirse una serie de premisas. Cada característica que siga la herencia mendeliana debe estar determinada por:

- un solo gen,
- con dos formas alternativas (dos alelos),
- un alelo dominante y un alelo recesivo.

Si esto no se cumple estaremos en presencia de otros tipos de herencia como:

Codominancia: Grupos sanguíneos, pelaje ruano (vacas, caballos).

Dominancia incompleta: Color de la flor de la camelia.

Alelos múltiples: Grupos sanguíneos.

Herencia poligénica: Altura, color de ojos, color de la piel.

Interacciones génicas: Forma de la cresta en las gallinas.

Herencia multifactorial: Altura, defectos del tubo neural.

Herencia ligada al sexo: Daltonismo, hemofilia.

ADN Mitocondrial.

📌 Actividades

1. Un par de alelos gobierna el color de pelo del cobayo, un alelo dominante "N", da lugar al color negro y uno recesivo "n", da lugar al color blanco. Se cruzan un homocigoto negro con un homocigoto blanco.

a. ¿Cómo serán los fenotipos y genotipos de la F1?

- b. ¿Cómo será la F2 si se cruzan dos individuos de la F1?
- c. ¿Cómo será la descendencia de un cobayo negro heterocigoto con una hembra blanca homocigota?
- d. Dar las proporciones fenotípicas y genotípicas.

2. En las arvejas el gen que determina el color rojo de las flores "R" es dominante sobre el blanco "r". Realizar un cruzamiento entre un individuo de flores rojas (homocigoto) con uno de flores blancas (homocigoto).

Indicar los genotipos y fenotipos de la F1 y F2 y la proporción fenotípica y genotípica de la F2.

3. Una planta de gramíneas con alto valor nutricional y que puede ser usada como alimento humano tiene tallo largo y aterciopelado (LLaa) se cruza con una planta de tallo corto y espinoso (llaa).

¿Cuál es el genotipo de la F1?

¿Cuál es el fenotipo?

Se deja que las semillas de la F1 se autofecunden. Dibuje el tablero de Punnett para determinar las proporciones fenotípicas de la F2.

4. El síndrome de Gilbert, es una patología que afecta el metabolismo hepático de la bilirrubina. Una característica visible es el tono amarillento (tipo Simpson). Es un síndrome benigno y es de carácter recesivo. Martín, es hijo de Luisa y Jorge, indique los fenotipos y genotipos de los 3 integrantes familiares, sabiendo que Martín tiene el síndrome. ¿Si Martín tuviese un hermanito, cómo serían sus fenotipos y genotipos?

BIBLIOGRAFÍA

- Audesirk, Teresa; Audesirk, Gerald; Byers, Bruce E. (2013). Biología. La vida en la Tierra. Con fisiología. 9ª Ed. Pearson Educación de México, S.A de C.V., México. ISBN: 978-607-32-1526-8.
- Biología. Conceptos básicos. (2015). Secretaría Académica Dirección de Articulación, Ingreso y Permanencia. Universidad Nacional del Litoral. Área de Biología, UNSL 2009. Guía de Trabajos Prácticos Biología General Lic. en Cs. Biológicas.
- Armúa C, Seijo G, Mautino LR, Coronel JM, Ruiz FJ, Soneira Díaz P. 2010. Guía de estudios y trabajos prácticos. Introducción a la Biología. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes.
- Alberts, Brain, Hopkin, Johnson, Lewis, Raff, Roberts, Walter. Introducción a la Biología Celular. 2011. Tercera edición. Médica Panamericana, Buenos Aires.
- Audesirk, Teresa; Audesirk, Gerald; Byers, Bruce E. Biología. La vida en la Tierra. Con fisiología. 2013. Novena edición. Pearson Educación de México, S.A de C.V., México.
- Campbel N. y Reece J. Biología. 2007. Séptima edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires.
- Cangiano A, Daguerre A, Jofré MB, Moglia MM, Ochoa AC, Salinas A, Vásquez Gómez M, Videla A. 2014. Módulo Introductorio Biología. Guía de Actividades. Área de Biología, UNSL.
- Cid FD, Fernández Marinone G, Nuñez MB. 2014. Introducción a la Biología. Guía de Prácticos de Aula. Licenciatura en Biología Molecular. Área de Biología, UNSL.
- Curtis H., S. Barnes, A. Schnek y A. Massarini. 2008. Curtis Biología. Séptima edición en español. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires.
- Enfermedades genéticas relacionadas con la nutrición. 2010. BuenasTareas.com. Recuperado 12, 2010, de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Enfermedades-Geneticas-Relacionadas-Con-La-Nutricion/1346228.html>
- Lodish H, Berk A, Zipursky L, Matsudaira P, Baltimore D y Darnel J. Biología Celular y molecular. 2006. Quinta edición. Médica Panamericana, Buenos Aires.

SITIOS WEB

Megías, M., Molist, P., & Pombal, M. (2017). Atlas de histología animal y vegetal. Vigo, España: Universidad de Vigo. Recuperado de https://www.uvigo.gal/uvigo_es/

Sabbatino, V., Lassalle, A., & Márquez, S. (2007). Biología celular y humana. Guía Práctica. Ediciones WorldCopy. Recuperado de <https://www.genomasur.com>

