

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
Secretaría Académica
Dirección de Articulación, Ingreso y Permanencia
Año 2015



Biología

Conceptos básicos

Unidad 1. Introducción a la Biología

Ana María Gagneten / Alba Imhof / María del Rocío Marini / Juan Marcelo Zabala
Pablo Tomas / Patricia Amavet / Laura Ravera / Nora Ojea

El misterio más maravilloso de la vida bien pudieran ser los medios por los que se creó tanta diversidad a partir de tan poca materia física. La biosfera, todos los organismos combinados, representa sólo una parte en diez mil millones de la masa de la Tierra. Se halla distribuida de forma dispersa a través de una capa de un kilómetro de grosor de suelo, agua y aire que se extiende sobre quinientos millones de kilómetros cuadrados de superficie. Si el planeta tuviera el tamaño de un globo terráqueo ordinario y su superficie se observara lateralmente a la distancia del brazo extendido, el ojo desnudo no podría ver traza alguna de la biosfera. Y sin embargo la vida se ha dividido en millones de especies, unidades fundamentales, cada una de las cuales desempeña un papel único en relación con el conjunto. Otra manera de visualizar lo tenue que es la vida es imaginar que uno está realizando un viaje desde el centro de la Tierra, al ritmo de un paseo relajado. Durante las primeras doce semanas viajaría a través de roca y magma calientes como un horno y desprovistos de vida. Tres minutos antes de llegar a la superficie, con quinientos metros por atravesar todavía, uno encontraría los primeros organismos, bacterias que se alimentan de nutrientes que se han filtrado hasta los estratos acuíferos profundos. Después uno rompería la superficie y durante diez segundos se atisbaría una deslumbrante explosión de vida, decenas de miles de especies de microorganismos, plantas y animales en la línea de visión horizontal. Medio minuto más tarde, casi todos han desaparecido. Dos horas después, sólo quedan las más leves trazas de vida, constituidas en gran parte por los pasajeros de líneas aéreas que, a su vez, están llenos de bacterias del colon.

E. Wilson (1992)

Si elegiste a la Biología como disciplina central en tu formación, mediante este libro intentaremos estimular en vos la motivación que mueve al investigador, la inquietud, la curiosidad sistematizada que caracterizan a la forma de hacer ciencia. También consideramos importante que aprendas a recorrer el camino mental que sigue el científico. Este camino, sin embargo no es único: podríamos decir que *no hay recetas*, pero hay etapas generales que ayudan a formar una mente capaz de operar, en términos generales, científicamente.

Si preguntamos si la Biología es, en principio, una ciencia, seguramente obtendremos una respuesta afirmativa de la mayoría de las personas, pero... ¿te has preguntado qué es la Ciencia? Podemos aventurar que es *un conjunto de conocimientos que el hombre organiza en forma sistemática para explicar el mundo real*. En este marco conceptual, podemos decir que *la Biología es un intento sistemático de satisfacer la necesidad humana de explicación respecto de la estructura y funcionamiento de los seres vivos*.

La Biología, como disciplina, ha recorrido un largo camino. Su desarrollo histórico se inicia como parte de la Filosofía, que estudiaba el mundo real. Los siglos XVIII y XIX muestran avances importantes en la Anatomía, la Zoología, la Botánica, etc. Recién en la segunda mitad del siglo XIX se reconoce la unidad de los seres vivos, y la existencia de fenómenos comunes a todos ellos. A partir de allí se inician las teorías generales aplicables a las propiedades de todos los organismos.

A su vez, la Biología está vinculada estrechamente con las otras ciencias naturales, que se ocupan de niveles de organización menos complejos, y que han generado sus propios principios y generalizaciones. Así, la Anatomía y la Fisiología dependen de conceptos de la Física como por ejemplo de la estática, la dinámica y la resistencia de materiales para explicar las propiedades de un esqueleto; o bien de la hidrostática o hidrodinámica para entender la conducción de líquidos en el sistema circulatorio, la natación de peces y mamíferos acuáticos o el vuelo de las aves. El metabolismo se explica por fenómenos químicos que ocurren a nivel celular; también la comprensión de la transmisión del impulso nervioso requiere de las herramientas conceptuales de la Fisicoquímica. Es por ello que en muchos momentos encontrarás que recurrimos a la Química para entender los complejos procesos vinculados con las sorprendentes manifestaciones de la vida.

1.1. La importancia de la investigación y experimentación en Biología

La investigación científica en Biología es la búsqueda de conocimientos o de soluciones a problemas de carácter científico. Una *investigación* se caracteriza por ser un proceso:

- **Sistemático:** a partir de la formulación de una hipótesis u objetivo de trabajo, se recogen datos según un plan preestablecido que, una vez analizados e interpretados, modificarán o añadirán nuevos conocimientos a los ya existentes, iniciándose entonces un nuevo ciclo de investigación.
- **Organizado:** todos los miembros de un equipo de investigación deben conocer lo que deben hacer durante todo el estudio, aplicando las mismas definiciones y criterios a todos los participantes y actuando de forma idéntica ante cualquier duda. Para conseguirlo, es imprescindible escribir un protocolo de investigación donde se especifiquen todos los detalles relacionados con el estudio.

- Objetivo: las conclusiones obtenidas del estudio no se basan en impresiones subjetivas, sino en *hechos observables* que se han observado y medido, y de este modo en su interpretación se evita cualquier prejuicio que los responsables del estudio pudieran tener.

Ninguna investigación comienza si no se detecta alguna dificultad en una situación práctica o teórica. Es esta dificultad, o problema, la que guía la búsqueda de algún orden entre los hechos, en términos del cual la dificultad pueda solucionarse. Si algún problema es la ocasión para la investigación, la solución del problema es el objetivo de la investigación.

En general, las ciencias tienen diferentes métodos para abordar su objeto de estudio. A la Biología, y en general a las Ciencias Naturales (Física y Química), se las clasifica como Ciencias Aplicadas o Fáticas, ya que:

- Se ocupan de la realidad y sus hipótesis se adecuan a los hechos.
- Sus objetos de estudio son materiales.
- Explican procesos inductivos e hipotético-deductivos.
- Sus enunciados se refieren a sucesos y procesos.

Reconocida la investigación como proceso en la búsqueda de la explicación de sucesos, procesos y fenómenos, es necesario identificar métodos que permitan abordar los objetivos de la investigación.

En Biología, para verificar y confirmar si un enunciado es válido a su objeto de estudio, se requiere de diferentes métodos y técnicas, como la *observación* y la *experimentación*.

La experimentación consiste en el estudio de un fenómeno, reproducido generalmente en un laboratorio o en el campo, en las condiciones particulares de estudio que interesan, eliminando o introduciendo aquellas variables que puedan influir en los resultados. Se entiende por *variable* todo aquello que pueda causar cambios en los resultados de un experimento y se distingue entre variable independiente, dependiente y controlada.

Así, el experimento puede utilizarse como una herramienta para someter a prueba una explicación tentativa frente a un hecho, fenómeno o proceso observado, que en ciencias se denomina *hipótesis* o *hipótesis explicativa*.

La ciencia progresa proponiendo hipótesis y poniéndolas a prueba. Pero... ¿qué es una hipótesis? Una primera respuesta es que *se trata de una explicación tentativa de un proceso o hecho observado*. Pero podemos ampliar la idea e incluir también en esta categoría a *una interpretación de un patrón observado en la naturaleza*.

Las hipótesis científicas se definen como una proposición general (particular o universal) que puede verificarse sólo de manera indirecta, esto es por el examen de sus predicciones. Las predicciones son los resultados esperados bajo el supuesto de que nuestra hipótesis es verdadera (Bunge, 1997).

Todas las hipótesis tienen un valor transitorio, y en general nuevas evidencias empíricas (nuevas observaciones, datos o experimentos) las pueden modificar o refutar. En realidad, un científico habitualmente tiene “ideas previas”, sobre el posible resultado de su experimentación. En la actualidad se considera que si los resultados de un experimento coinciden con las predicciones de una hipótesis, pueden validarla. El término *validar* sólo significa darle más fuerza o vigor; no equivale a mostrar ni a probar que sea cierta. El accionar científico es así una actividad creativa y crítica de búsqueda del conocimiento.

Podemos enunciar algunas consideraciones generales:

En primer lugar se debe plantear claramente el *problema* a estudiar. Una vez definido el problema, se requiere el planteamiento de la *hipótesis* explicativa que se someterá a prueba experimental. Es importante que la hipótesis se enuncie con la mayor precisión posible en relación al problema planteado, ya que de la claridad de su enunciación dependerá en parte que el *diseño experimental* logre validarla o refutarla. A continuación deben precisarse el diseño experimental, plan de acción, el o los experimentos por realizar para tratar de probar el o los aspectos explicativos de la hipótesis.

Durante el desarrollo del diseño experimental, es necesario tener en cuenta algunas pautas para que el mismo sea válido, es decir, que nos permita obtener datos confiables de lo que realmente queremos estudiar:

a) Seleccionar y preparar los *materiales* e instrumentos necesarios. De modo preliminar, puede realizarse una prueba de los mismos, para establecer su confiabilidad y eficiencia.

b) Establecer los *controles* en los cuales se mantienen constantes todas las variables controladas, a excepción de la que se quiere medir como variable dependiente. Estos controles son necesarios para que la prueba experimental sea susceptible de comparación y que pueda ser repetida en idénticas condiciones por otros investigadores.

c) Registrar cuidadosamente los *resultados* obtenidos.

d) Analizar los datos obtenidos para su adecuada *interpretación*

A partir de la interpretación de los datos así obtenidos, se podrá *validar o rechazar* la hipótesis formulada.



Para aplicar..

Un poco de historia acerca de la Microbiología.

Hacia el año 1700, Antoni van Leeuwenhoek diseñó y construyó microscopios simples con lentes que proporcionaron un poder de resolución mayor que los que existían previamente e hizo las primeras descripciones exactas de la mayoría de los microorganismos unicelulares conocidos hasta ahora (algas, bacterias, protozoarios y levadu-

ras). Louis Pasteur (1822-1895) químico y biólogo francés, padre de la Microbiología, logró explicar la acción general de los microorganismos. Llevó a cabo diversas investigaciones sobre las fermentaciones (láctica, alcohólica, butírica) pero siempre buscó lograr argumentos en contra de la teoría de la generación espontánea, aún vigente en su época. De acuerdo con la doctrina aristotélica de la generación espontánea, las formas más pequeñas de vida animal se originaron espontáneamente de materia inanimada o de materia orgánica en descomposición. La aparición de bacterias y protozoarios en infusiones de carne o de heno se ofrecía como prueba. Entre los que refutaron esta doctrina podemos citar a:

- Francisco Redi (1626-1697) demostró que la generación espontánea no era aplicable a animales, comprobando que los gusanos no se desarrollaban espontáneamente en la carne putrefacta sino que las moscas depositaban sus huevos sobre ésta;

- Lazzaro Spallanzani (1729-1799) demostró que calentando las infusiones bajo condiciones controladas se previene la aparición de vida microscópica;

- Schroeder y von Dusch (1850) introdujeron el uso del tapón de algodón, que todavía se utiliza para impedir la entrada de microorganismos del aire a tubos de ensayo;

- Pasteur demostró que el medio hervido podía permanecer libre de microorganismos en balones de cuello de cisne, abiertos a través de un tubo sinuoso horizontal, en el que las partículas de polvo se sedimentan cuando el aire entra al recipiente.



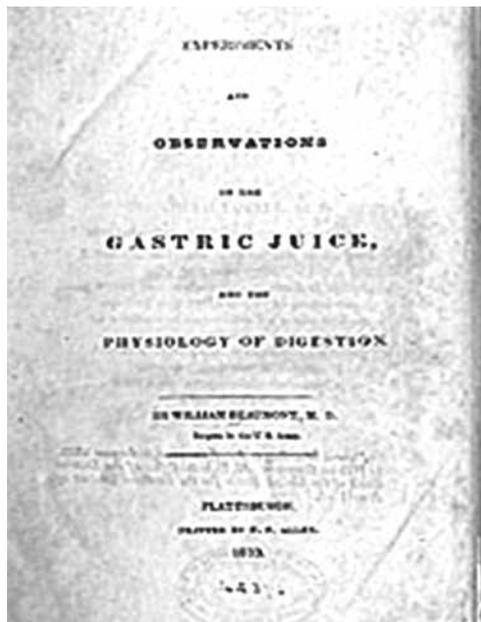
Actividad

Aplica las pautas del diseño experimental al ejemplo de las experiencias de Pasteur. ¿Cómo habrá diseñado Pasteur su experiencia con los balones de cuello de cisne? Imagina el recorrido de sus pensamientos que lo llevaron a generar nuevos conocimientos en contra de la teoría de la generación espontánea.

No siempre los descubrimientos científicos provienen de experimentos diseñados con un objetivo concreto.

H *Un poco de historia... o la suerte del investigador...*

William Beaumont (1785-1853) era un joven médico militar que residía en Estados Unidos, cerca de la frontera canadiense. Como médico del ejército estaba acostumbrado a tratar serias lesiones traumáticas producto de los combates. Pero en junio de 1822 recibió a un paciente que cambiaría su vida profesional. Alexis Saint Martin navegaba en su canoa, recogiendo pieles que los indios cazaban y luego las llevaba a los comerciantes, cuando accidentalmente se disparó en el abdomen con un mosquete. La herida era “del tamaño de la palma de la mano de un hombre, afectando un pulmón, dos costillas, y el estómago” escribió Beaumont. A pesar de que el hombre parecía no tener esperanzas, trató la herida, y repetidamente intentó cerrar el agujero producido. A un año del accidente St. Martin había sobrevivido. Sus heridas habían cicatrizado, a excepción de un orificio de unas dos pulgadas por el cual salía la comida y la bebida si no era bloqueado por un sistema de vendas. Entre 1822 y 1833, Beaumont, con el consentimiento de St. Martin, realizó numerosas observaciones del estómago, introdujo alimentos por intervalos de tiempo determinados, atados a un cordón que luego retiraba y determinó basado en sus observaciones la base de la digestión química gástrica del ser humano.



Tapa de la Primera edición del libro *Experiments and Observations on the Gastric Juice and the Physiology of Digestion*, escrito por el Dr. William Beaumont basado en las observaciones realizadas sobre el paciente Alexis Saint Martin.

Bioética

Puede tener varias definiciones. Lee y reflexiona sobre alguna de ellas: conjunto de principios y normas que regulan la actuación humana, con respecto a los seres vivos (Diccionario Larousse). La bioética es hoy el conjunto de temas atravesado por el cuestionamiento a la idea del avance tecnocientífico como progreso lineal de la humanidad (Silvia Brussino, filósofa argentina). Es el estudio sistemático y profundo de la conducta humana en el campo de las ciencias de la vida y de la salud, a la luz de los valores y principios morales (Reich, 1995).

St. Martin sobrevivió a su médico y murió a los 86 años, en 1880. Su familia deliberadamente dejó descomponer el cuerpo al sol durante cuatro días y entonces lo enterró en un cementerio católico en una tumba sin nombre, con enormes piedras sobre el ataúd, esperando así impedir a cualquiera examinar su estómago o realizar una autopsia. Años después, para conmemorar la contribución de St. Martin a la ciencia médica, un comité persuadió a sus herederos de descubrir el lugar de la tumba y colocar una placa recordatoria.

Esta historia es a menudo usada como ejemplo del papel del azar en los descubrimientos científicos pero, también es analizada desde el punto de vista de la ética científica.

 *Actividad*

Relee el último párrafo y reflexiona acerca de los límites en la investigación científica.

¿Cuál es la importancia de la experimentación en el aula?

En el aula o en el laboratorio, el experimento servirá para el redescubrimiento y la recreación de los conceptos y hechos biológicos. En cualquier caso, siempre será necesario conocer el material que se empleará y también respetar una secuencia de actividades que permitan: observar, registrar los datos, procesar los datos obtenidos, interpretar los resultados, extraer conclusiones y comunicar los resultados y conclusiones en forma escrita u oral, individual o grupal.

Por otro lado, es muy importante no confundir lo que es un **hecho observable**, con una **hipótesis explicativa**. Te proponemos la siguiente actividad para diferenciar ambas.

 *Actividad*

Para relacionar los conceptos referidos a “hecho observable” e “hipótesis explicativa”... ¿Cuál es cuál en las siguientes frases? ¿Por qué?

- “El cambio de color de algunos insectos se debe a fenómenos físicos y hormonales”.
 - “En ocasiones, algunos animales pueden cambiar de coloración, en pocos minutos o incluso segundos”.
-

Hasta aquí hemos reflexionado juntos sobre aspectos generales de la Biología como ciencia, y de los métodos que emplea para abordar el conocimiento científico.

A partir de ahora nos detendremos a considerar algunas manifestaciones de la vida, que, dada su intangibilidad, nos remite a hacerlo a través de su manifestación más conspicua: los seres vivos.

1.2. Los seres vivos como sistemas complejos

La palabra *sistema* se emplea mucho actualmente. 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*.

La diferencia entre una célula viva y un conglomerado de sustancias químicas ilustra algunas de las propiedades emergentes de la vida (Audesirk *et al.*, 2003).

Más adelante volveremos al concepto de propiedades emergentes...

? Para reflexionar...

¿Cuáles son las propiedades emergentes que tiene una torta y que no tienen los elementos que la constituyen? ¿Cuáles las de un tejido, por ejemplo el nervioso, el muscular, el sanguíneo, que no tienen sus células, consideradas aisladamente?

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 trama 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. A su vez se pueden dividir en:

- *sistemas no aislados*: sólo hay intercambio energético con el exterior. Ej: el equipo de frío de un refrigerador doméstico. El fluido de trabajo circula en circuito cerrado y sólo hay intercambios de calor o energía eléctrica con el exterior;

- *sistemas aislados*: no hay intercambio de masa o de energía con el exterior.

? Para reflexionar...

Muchas veces se pone como ejemplo de sistema cerrado a la Tierra. ¿Coincides con esa opinión?

Teniendo en cuenta esta clasificación, podríamos decir que todos los seres vivos son *sistemas abiertos*, ya que intercambian materia y energía con el exterior. Sobre este concepto volveremos más adelante. Comencemos tratando de comprender la complejidad de un organismo vivo.

1.3. ¿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. La sustancia viva está compuesta por un conjunto perfectamente estructurado de macromoléculas: proteínas, lípidos, ácidos nucleicos y polisacáridos, 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 contienen 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.

1.3.1. Características de los seres vivos

1. 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) requieren 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*, pero de él nos ocuparemos más adelante. A estos conceptos los profundizaremos en el capítulo referido a metabolismo.

2. 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*.

3. 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, organi-*

zativos, 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, 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*.

La cualidad de la vida surge como resultado de las increíblemente complejas interacciones ordenadas de las partes de un ser vivo. Dado que está basada en esas propiedades emergentes, la vida es una cualidad fundamentalmente intangible.

? *Para reflexionar*

“La uniformidad de la vida en la Tierra, que es todavía más asombrosa que su diversidad, sugiere la alta probabilidad de que todos descendamos de una única célula, fertilizada por una descarga eléctrica mientras la Tierra se enfriaba. Todos conservamos aún rasgos de esta célula progenitora y compartimos genes con otras especies; podría decirse que la similitud entre ciertas enzimas del pasto y de la ballena es una característica familiar” (Thomas, L. 1976).

4. *Los organismos tienen la capacidad de crecer y reproducirse, es decir, de aumentar de tamaño y producir otros sistemas con características similares a las de ellos mismos.*

Existen dos formas de reproducción: sexual y asexual. En la reproducción sexual los descendientes, aunque surgen del material genético proporcionado por los progenitores, presentan pequeñas diferencias (variabilidad genética) lo que da origen a la extraordinaria biodiversidad que caracteriza a la biosfera. La reproducción asexual característica de muchas plantas e invertebrados implica que los nuevos organismos son derivados directamente del cuerpo o porciones del cuerpo de sus progenitores y por lo tanto llevan idéntico acervo genético.

5. Todas estas características 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 genética 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 sobrellevar los rigores de su ambiente). Al lograr sobrevivir y reproducirse, los organismos pasan estas características ventajosas a las siguientes generaciones.

Mutación

Una mutación es un cambio en la secuencia del ADN (por sustitución, adición o delección de uno o varios nucleótidos o segmentos grandes de ADN) y puede ocurrir tanto en la parte del ADN que contiene información como en el que no contiene información. Inclusive una mutación en un gen puede no cambiar la información si el cambio produce codones sinónimos. La mutación puede en algunos casos causar cambios en la información, pero no siempre. De este modo, el mutación no es sinónimo de cambio de información genética. Pero sí es correcto considerar que es la causa primaria de cambios en la información genética.

1.4. Clasificación de los seres vivos

El ser humano, en su intento de entender la gran complejidad y diversidad de la vida, siempre trató de clasificar a los seres vivos. El primero que estableció un sistema de clasificación basado en reglas y normas precisas fue el naturalista sueco Carl von Linné quien, en 1758, propuso una clasificación de los seres llamada *Sistema Naturae* (sistema de la naturaleza). El nivel más alto de la clasificación linneana eran los reinos mineral, vegetal y animal. Si no consideramos a los minerales, tenemos entonces dos reinos: vegetales y animales.

* Busca el concepto biológico de especie bajo el título "Los niveles de organización biológica", en este mismo capítulo.

En la clasificación de todos los seres vivos en dos reinos se consideraba a las Bacterias y a ciertos Protistas (en especial los fotosintéticos) como integrantes del reino Vegetal, y a los Protozoos (Protistas no fotosintéticos) como animales.

Ernst Haeckel, en el siglo XIX, fue el primero que intentó establecer una hipótesis filogenética de la diversidad biológica y dividió a los organismos en tres reinos: Animal, Vegetal y Protista. El Reino Protista incluía a los unicelulares tanto de filiación animal como fotosintéticos. En 1925 el microbiólogo Edouard Chatton advirtió que existían protistas con y sin núcleo, y propuso diferenciarlos del resto de los seres vivos. Creó los términos eucariota, agrupando a todos los organismos nucleados (eu = verdadero; carión = núcleo), incluyendo animales y plantas, y *procariota*, para las Bacterias y Cianofíceas. Algo después, en 1938, un botánico llamado Copeland, propuso un nuevo reino para incluir a los procariotas, al que llamó Monera o Bacteria.

En 1959, Robert Whittaker, ecólogo de la Universidad de Cornell, propuso separar a los hongos de los vegetales pero incluyéndolos en un nuevo reino, llamado Fungi. Quedaron a partir de entonces establecidos cinco reinos: *Monera*, para bacterias y algas procarióticas; *Protista* para protozoos, algas y ciertos hongos inferiores; *Plantae*, para los vegetales; *Fungi*, para los hongos; y *Animalia*, para los metazoos (Curtis, 1993). Esta nueva clasificación fue difundida por Lynn Margulis (1985) de la Universidad de Massachusetts, tomando como criterios tres importantes aspectos: si los organismos poseen un modelo celular de tipo procariota o eucariota; si los organismos están formados por una o muchas células: uni o pluricelulares; y si el tipo de nutrición es autótrofa, heterótrofa o por absorción (Castro *et al.*, 1991).

La Figura 1 representa el árbol filogenético de los organismos tal como, a grandes rasgos, surge del sistema de los cinco reinos.

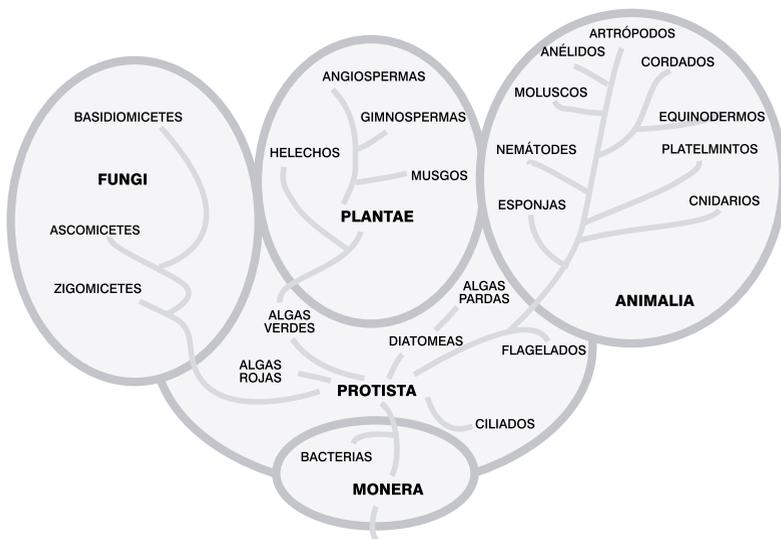


Figura 1. Árbol filogenético tradicional, basado en el sistema de cinco reinos (modificado de Spivak, 2006).

Reino Monera: células procariotas. Unicelulares o coloniales. Nutrición por absorción, fotosíntesis o quimiosíntesis. Reproducción asexual. Móviles o inmóviles.

Reino Protista: células eucariotas. Unicelulares o coloniales (puede haber multinucleados). Diversos modos de nutrición (fotosíntesis, ingestión o combinación de éstos). Reproducción por ciclos asexuales y sexuales, con meiosis. Móviles o inmóviles.

Reino Fungi: células eucariotas. Principalmente multinucleados con un sincitio micelial. Sin plástidos ni pigmentos fotosintéticos. Nutrición por absorción. Principalmente inmóviles. Ciclos sexuales y asexuales.

Reino Plantae: células eucariotas. Multicelulares, con células que poseen pared de celulosa, con pigmentos en plástidos. Nutrición por fotosíntesis. Principalmente inmóviles.

Reino Animalia: células eucariotas. Multicelulares, sin paredes celulares ni pigmentos fotosintéticos. Nutrición por ingestión, en algunos casos por absorción. Con evolución de los sistemas senso-neuro-motores. Reproducción fundamentalmente sexual.

La caracterización molecular revela que las diferencias moleculares entre eubacterias, archibacterias y eucariotas son de naturaleza más profunda que aquellas que diferencian a los reinos tradicionales, como las plantas y animales (Woese *et al.*, 1990).

Los árboles filogenéticos permiten establecer las relaciones evolutivas y los ancestros comunes de las especies, tanto vivientes como extintas.

1.5. Árboles moleculares: un nuevo criterio de clasificación

Nuevos métodos y nuevas evidencias hicieron que el sistema de 5 reinos de Whittaker (1959) no representara fielmente la diversidad de la vida. Los nuevos métodos fueron, por una parte, aquellos que permitieron la construcción de árboles filogenéticos sobre la base de la estructura de las proteínas, y luego de los ácidos nucleicos. En la década de 1970, Carl Woese, profesor de microbiología en la Universidad de Illinois, comenzó a aplicar métodos que permitieron comparar segmentos de ácidos nucleicos.

El árbol filogenético que propuso Carl Woese constaba de 3 dominios y 6 reinos: este último reino fue llamado Archibacterias o Archaea, como se observa en la Figura 2 (Woese, 1981).

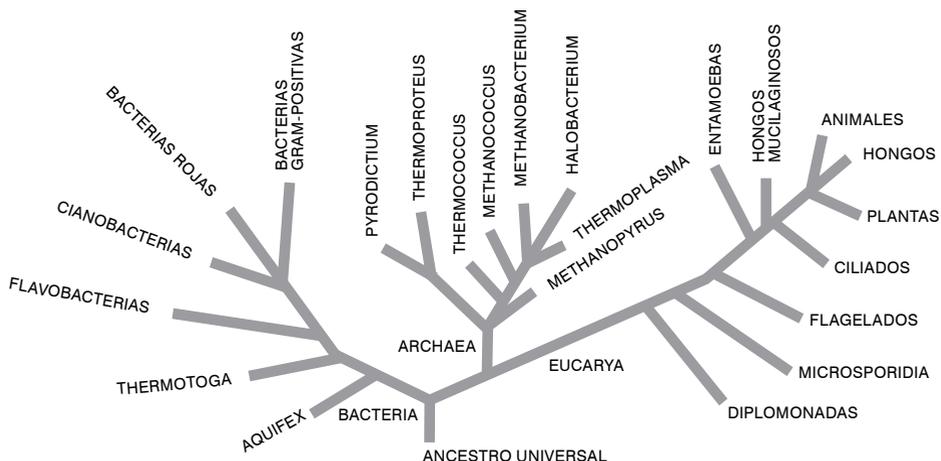


Figura 2. Árbol filogenético basado en tres grandes dominios: Bacterias, Archaea y Eucarya. Modificado de Woese (2000) Interpreting the universal phylogenetic tree. *Evolution* 97(15): 8392-8396.

Lee, reflexiona y explica por qué Spivak asignó este título al siguiente párrafo:

Tres dominios o dos imperios: la controversia del fin de siglo XX (Fuente: Spivak, 2006).

... El estudio de la filogenia molecular de los microorganismos trajo más sorpresas: el ARN ribosómico de las eubacterias y el de las arqueobacterias era algo diferente, al igual que los lípidos de las membranas celulares y ciertas proteínas involucradas en la transcripción y traducción de los ácidos nucleicos. Los seis reinos duraron poco tiempo y el mismo Woese propuso una reorganización general del sistema, sugiriendo la existencia de tres *dominios*. Para ello, reunió a los cuatro reinos de eucariotas (Protistas, Plantas, Hongos y Animales) en el dominio *Eukarya*, colocó a las eubacterias (o verdaderas bacterias del reino Monera) en el dominio *Bacteria* y a las arqueobacterias en el dominio *Archaea*. El sistema de tres dominios dio origen a un nuevo árbol. Desde 1990 ese esquema fue aceptado

El siglo XIX estableció las tres piedras fundamentales de la Biología: la teoría celular, la genética mendeliana y la evolución darwiniana. El espectacular edificio biológico del siglo XX, la Biología molecular se erigió con las dos primeras. Pero el árbol filogenético universal nos muestra que el edificio de la Biología del siglo XXI descansará sólidamente en las tres (Woese, 2000).

En el año 1966, Francis Crick dijo: “La última meta del nuevo movimiento en Biología es de hecho explicar toda la Biología en términos de la Física y la Química”.

El debate no está cerrado y hay quienes siguen a favor de la permanencia de un sistema de dos imperios: procariota y eucariota. Por ejemplo, Thomas Cavalier-Smith, de la Universidad de Oxford, publicó en 2004 un esquema de clasificación a partir de una amplia base de datos moleculares, en especial de organismos unicelulares, en el que subsisten seis reinos agrupados en dos imperios.

por la mayoría de los biólogos evolutivos, que lo convirtieron en el “paradigma” actual de la clasificación biológica.

El zoólogo evolucionista Ernst Mayr discrepó con Woese en otorgar a las arqueobacterias el mismo rango que el de la totalidad de los eucariotas, oscureciendo la división ‘natural’, que se da al nivel de la organización celular, en dos imperios: *procariotas* y *eucariotas*. Esta controversia acerca de cómo se separan las primeras dos ramas del árbol de la vida:

procariotas vs. eucariotas o bacterias vs. [arqueobacterias + eucariotas] continúa hoy en día.

Linneo (1758)	Haeckel (1866-94)	Whittaker (1959)	Woese (1977)	Woese (1990)
Dos reinos	Tres reinos	Cinco reinos	Seis reinos	Tres dominios
Animalia	Animalia	Animalia	Animalia	Eucarya
Protista	Protista	Protista	Protista	
Plantae	Plantae	Fungi Plantae	Fungi Plantae	
monera	monera	Monera	Monera	Bacteria
			Archaeobacteria	Archaea

Figura 3. Cuadro comparativo de los sistemas de clasificación biológica, desde Linneo (1758) hasta la actualidad, modificado de Spivak, 2006: “El árbol de la vida. Una representación de la evolución de una representación”. *Ciencia Hoy* 16 (91): 10-24.

La historia de la clasificación de los seres vivos también ha ido cambiando ya que en un principio se tomaban en cuenta caracteres morfológicos y fisiológicos; en la actualidad se agregan los aportes de la Genética y en el caso de las archibacterias, como hemos visto, cobra importancia la Biología molecular. Ya no es suficiente el alcance de nuestros ojos, ni aun con la ayuda de potentes microscopios; hay que abordar el estudio de la vida desde los aspectos moleculares y macromoleculares que analizaremos en los próximos capítulos, para intentar llegar a entender la gran complejidad de los procesos biológicos.

Hasta ahora no hemos nombrado a un grupo de partículas que desde hace muchos años se discutió si eran o no seres vivos: nos referimos a los **Virus**. Básicamente están formados por una cápsula de proteínas y una molécula de ácido nucleico (ADN o ARN). Carecen de membranas propias, de ribosomas para elaborar proteínas, de citoplasma y organelas asociadas al mismo; no se mueven ni crecen por sí solos. La simplicidad de los virus hace imposible considerarlos como células y de hecho, parece situarlos fuera de la esfera de los seres vivos (Audesirk *et al.*, 2003) que hasta el momento hemos considerado en este libro.

Veremos más adelante que los mecanismos metabólicos en las células procariotas y eucariotas siguen el patrón: ADN → ARN → proteínas, conocido como el “dogma central de la Biología molecular”. Sin embargo, algunos virus, como el del SIDA, se denominan retrovirus porque poseen ARN en lugar de ADN, y una enzima capaz de transcribir ADN a partir de ARN.

En definitiva, estas partículas víricas quedan fuera de la *diversidad biológica*, definida como el conjunto de la diversidad de la vida. Así, cada clase de entidad –gen, célula, individuo, población, comunidad y ecosistema– tiene más de una manifestación (Solbrig, 1991).

En las primeras etapas de su existencia el hombre comenzó a observar los animales y las plantas que atrajeron su atención, o bien que le eran útiles o perjudiciales. Una vez que estableció sus diferencias o semejanzas, les dio un nombre. Ese criterio de clasificación tenía un fin práctico inmediato, se podía aprender y transmitir con facilidad. En Biología la tarea de clasificar y ordenar los organismos es una tarea ímproba; hace algunas décadas se sabía de la existencia de alrededor de dos millones de especies. Actualmente se cree que existen cerca de 100 millones (Malacalza *et al.*, 2004). Sin embargo, hasta el presente, la ciencia le ha dado nombre sólo a 1,4 millones de especies! En el transcurso del tiempo, muchas especies se extinguieron. Se cree que todos los organismos descendieron de un único ancestro común, por lo que han sido agrupados sobre la base de sus relaciones evolutivas (Carranza *et al.*, 2005).

A comienzos de este nuevo siglo, podemos decir que sin dudas la Biología molecular incrementará su importancia en la clasificación de los seres vivos.

La Biología molecular postula que los seres vivos (y sus partes) siguen las mismas reglas físicas y químicas que se aplican para todo lo que existe en el Universo, es decir, que las moléculas simples que se encuentran en un ser vivo son idénticas a las mismas moléculas en los objetos inanimados, y que las relaciones entre las más complicadas moléculas que se encuentran en los seres vivos pueden ser descritas sin ninguna ley particular y específica de ellos.

Como las muñecas rusas, que las de menor tamaño son contenidas por las de tamaño progresivamente mayor, es posible identificar que la vida se manifiesta en distintos niveles de complejidad creciente. Cada uno de ellos contiene al nivel precedente.

Veamos ahora cuáles son los distintos niveles de organización en que puede manifestarse la vida.

1.6. Los niveles de organización biológica

Los compuestos biológicos (proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, etc., que estudiaremos en las próximas páginas) se integran en la naturaleza en un cierto número de niveles de organización cada vez más complejos: célula - tejido - órgano - sistema de órganos - individuo - población - comunidad - ecosistema.



Figura 4. Los niveles de organización biológica.

- *Célula (nivel celular)*: es la unidad biológica funcional más pequeña y sencilla. Está compuesta por protoplasma, limitado por una membrana plasmática (de lípidos y proteínas), reforzada en los vegetales por una pared celular. El protoplasma está constituido por una solución coloidal de proteínas muy estructurada (citoplasma), en cuyo seno se encuentra el material genético (ADN, ARN), organizado generalmente en un núcleo, y toda una serie de orgánulos (mitocondrias, ribosomas, plastidios, etc.) que constituyen la maquinaria metabólica. Ejemplos de células son: neurona, fibra muscular, osteocito, glándula unicelular.

- *Tejido (nivel tisular)*: conjunto de células morfológica y fisiológicamente similares que se asocian para cumplir una determinada función. Tejidos: muscular, nervioso, óseo, conjuntivo, epitelial, son algunos de los ejemplos.

- *Órgano (nivel orgánico)*: formado por un conjunto de tejidos que se relacionan para cumplir una determinada función. Ej: el tejido nervioso forma órganos tales como el cerebro, cerebelo, médula espinal, etcétera.

- *Sistema de órganos (nivel de sistema de órganos)*: cuando los órganos se agrupan para cumplir una determinada función forman un sistema de órganos. Ej: el esófago, el estómago, la boca, el intestino delgado y grueso, entre otros, forman en conjunto el sistema digestivo que tiene como función la digestión de los alimentos, la absorción de los nutrientes y eliminación de desechos. Otros ejemplos son: sistema esquelético, sistema respiratorio, sistema excretor, etcétera.

- *Individuo (nivel de organismo)*: es un sistema biológico funcional que en los casos más simples se reduce a una sola célula (unicelular) pero que, en principio, está compuesto por numerosas células, que pueden estar agrupadas en tejidos y órganos. Un individuo se caracteriza por su anatomía, fisiología y su metabolismo propio. En un momento dado, un individuo posee una determinada biomasa que se puede expresar en peso vivo (fresco) o en peso de materia seca.

? Para reflexionar

Relee el concepto biológico de especie que aparece en el recuadro de la derecha y contesta si individuos de mosquitos *Culex pipiens* de la ciudad de Santa Fe del verano de 2008 pertenecen a la misma especie que individuos de *Culex pipiens* depositados en una colección del año 1979 en el Museo de la ciudad de La Plata.

Los niveles de organización biológica que son abordados para su estudio por la Ecología son: *individuo, población, comunidad y ecosistemas* (puedes repasar el concepto de Ecología en este mismo capítulo).

R Recuerda

Es necesario que antes de analizar el concepto de Población recuerdes el concepto biológico de especie.

- *Población*: Cada especie puede estar representada por numerosas poblaciones, pero éste es ya un concepto

Especie: El concepto biológico de especie sostiene que una especie es un conjunto de individuos morfológicamente y fisiológicamente similares entre sí, que en la naturaleza pueden cruzarse libremente y dejar descendencia fértil. Éste es un concepto muy amplio y de gran aplicación, y abarca a todas las poblaciones semejantes que existen o existieron en el mundo y que son potencialmente interfértiles. La especie es una categoría teórica, que incluye organismos separados por el espacio y/o el tiempo, de modo que la reproducción es un requisito “potencial” o supuesto.

ecológico, aplicado al estudio de los niveles de organización de los seres vivos. Si tomamos la clásica definición de Odum (1972), podemos decir que la población es un conjunto de individuos de la misma especie, que viven en un mismo lugar y en un mismo tiempo. Como vemos, en esta definición se ponen tres “condiciones” para considerar población a un conjunto de individuos: que sean de la misma especie, que habiten en el mismo sitio y que compartan ese sitio en el mismo tiempo (normalmente, el tiempo durante el cual estudiamos la población). Así, hablamos de la población de jabalíes (*Sus scrofa*) del palmar de Entre Ríos, de la población de sábalos (*Prochilodus lineatus*) del río Salado, o de la población de camalotes (*Eichhornia crassipes*) de una laguna de inundación del Río Paraná. El concepto de población es muy utilizado en ecología experimental y teórica, y constituye la unidad de estudio de muchas investigaciones que a su vez, sirven de explicación a procesos que ocurren a niveles de organización superiores. Así, en la práctica, para evaluar el estado de una especie en una región o en cualquier unidad de superficie, o para establecer normas sobre su manejo, se requieren mediciones del estado de sus poblaciones. Por ejemplo, nos puede interesar medir su tamaño, es decir, cuántos individuos forman parte de la población. El tamaño de la población dividido el área o superficie que ocupa nos dará información sobre la densidad poblacional. En sistemas acuáticos, para conocer la densidad de una población, debemos dividir el número de individuos por la unidad de volumen de agua que estemos considerando.

- *Comunidad o comunidad biológica*: es el conjunto de poblaciones que interactúan entre sí de distintas formas en un determinado lugar. Muchas especies son depredadoras y se alimentan de otras clases de organismos. A su vez, casi todas son presa de otras poblaciones. Al contrario de los organismos, las comunidades no tienen límites nítidos. Por lo tanto, la comunidad es una abstracción que representa un nivel de organización en lugar de una unidad discreta de estructura en Ecología (Ricklefs, 1996).

Una comunidad puede ser definida a cualquier nivel taxonómico o funcional y escala geográfica. De igual modo podemos hablar de la comunidad de microorganismos del intestino de un herbívoro, de la comunidad de mamíferos marinos del Atlántico Sur o de la comunidad de peces del río Iguazú. A gran escala geográfica el principal factor que determina el tipo de comunidades es el clima, mientras que a menor escala resulta más difícil encontrar cuál o cuáles son los factores que explicarían los agrupamientos de especies. Uno de los primeros objetivos que persigue un ecólogo es conocer la composición de una comunidad y su estructura, entendiendo ésta como el conjunto de relaciones que existen entre las diferentes especies entre sí y con el medio en el que viven. Existen varias maneras de caracterizar una comunidad, la más adecuada sería aquella que considerase tanto la composición de especies como el número de individuos de cada una de ellas. Sin embargo, no todas las especies tienen la misma importancia dentro de una comunidad; se conocen como especies clave o dominantes aquellas que si desaparecieran provocarían un profundo cambio en la comunidad,

pues sobre ellas se articula la comunidad entera. Las comunidades pueden sufrir cambios en el tiempo llamados sucesiones; estas transformaciones suelen ser lentas y conducen a cambios en la composición o en las poblaciones de las especies.

- *Ecosistema*: está dado por la interacción entre la comunidad biológica y el conjunto de factores físicos y químicos propios del ambiente donde ésta se desarrolla. El estudio de los ecosistemas se centra en los movimientos de energía y materiales en un determinado ambiente, resultado de las actividades de los organismos y de las transformaciones físicas y químicas en el suelo, el agua y la atmósfera. El concepto, que empezó a desarrollarse entre 1920 y 1930, tiene en cuenta las complejas interacciones entre los organismos por ejemplo plantas, animales, bacterias, algas, protistas y hongos (entre otros) que forman la comunidad biológica (o biocenosis) y los flujos de energía y materiales que tienen lugar en el ecosistema. Son ejemplos de ecosistemas naturales una laguna, un arrecife de coral o un bosque. Son ejemplos de ecosistemas artificiales, es decir, construidos por el hombre, una pecera o un terrario. Dentro de un ecosistema, por ejemplo un bosque, es posible reconocer a su vez partes internas con un grado añadido de homogeneidad e integración interna, por ejemplo el suelo o un tronco muerto. Es decir, encontramos una organización jerárquica con ecosistemas dentro de los ecosistemas. Con el mismo razonamiento, pero en dirección contraria, llegamos a la noción de que la biosfera entera es un ecosistema.

R Recordemos el concepto de Ecología

La Ecología es una de las disciplinas más jóvenes de la Biología, y que recientemente ha adquirido creciente popularidad. Algunos de los temas que estudia, se relacionan con la forma en que los organismos utilizan la materia y la energía del medio en sus procesos, y las múltiples conexiones que aquéllos establecen entre sí y con su ambiente. La Ecología estudia, desde todos esos aspectos, el desarrollo de la vida sobre la Tierra.

En realidad, toda la superficie del planeta puede considerarse como una enorme unidad ecológica, que abarca múltiples ambientes e infinidad de organismos, en una constante interrelación. Para denominar esta unidad se ha acuñado el término ecosfera. Aunque como concepto global es importante, la amplitud de sus dominios determina que se la analice según enfoques parciales, o bien subdividida en unidades menores (Tyler Miller, 1992).

Hasta aquí se ha analizado el objeto de estudio y el método que utiliza la Biología para llegar al conocimiento. Hemos definido qué es la vida y cuáles son las características que nos permiten distinguir un ser vivo de cosas inanimadas. Vimos cómo el hombre, en el intento de entender la gran complejidad y diversidad de la vida, y de acuerdo con distintos niveles de organización biológica, clasificó los organismos en Reinos y

Dominios. Pero estas consideraciones no son suficientes para comprender los diferentes procesos biológicos que permiten la vida, que establecen por un lado, una notable uniformidad en los elementos de construcción de los seres vivos, y por otro, diferencias significativas en cada uno de ellos. Es necesaria una mirada a nivel molecular y/o macromolecular que nos permita comprender la uniformidad y a la vez la diversidad de la vida. Para ello, en la siguiente unidad estudiaremos los diferentes compuestos químicos inorgánicos y orgánicos que constituyen el protoplasma vivo.

Referencias bibliográficas

- Audesirk, T.; Audesirk G. y Byers B. E. (2003): *Biología: la vida en la tierra*. Pearson de México SA, 892 p.
- Bunge, M. (1997): *La ciencia, su método y su filosofía*. 2º ed., Panamericana, Bogotá, 110 p.
- Carranza, M.; Celaya, G.; Carezzano, F. y Bistoni, M.A. (2005): *Morfología de los animales. Visión funcional y adaptativa*. Sima, Buenos Aires, 409 p.
- Castro, R.; Handel M. y Rivolta G. (1991): *Actualizaciones en Biología*. Eudeba, Bs. As, 258 p.
- Curtis, H. y Barnes, N. (1993): *Biología*. 5º ed., Médica Panamericana, Buenos Aires, 1199 p.
<http://www.iesam.csic.es>
- Malacalza, L.; Momo M.; Coviella C.; Casset M.A.; Giorgi A. y Feijóo C. (2004): *Ecología y ambiente*. Instituto de Ecología de Luján, Buenos Aires, 216 p.
- Margulis, L. y Schwartz, K. (1985): *Cinco Reinos. Guía ilustrada de los Phyla de la vida en la Tierra*. Labor, Buenos Aires, 335 p.
- Reich, W.T. (editor principal) (1995): *Encyclopedia of Bioethics*. 2ª ed., MacMillan, Nueva York.
- Ricklefs, R.E. (1997): *Invitación a la Ecología. La Economía de la Naturaleza*. 4º ed., Panamericana, 692 p.
- Sistema - [wikipedia.com](http://www.wikipedia.com), la enciclopedia libre.
http://www.walt@intelligent_systems.com.ar
<http://www.iesam.csic.es>
- Solbrig, O.T. (1991): "Biodiversity, a review of the scientific issues and a proposal for a collaborative program of research." MAB, Digest 9, UNESCO. París, Francia, 77 p.
- Spivak, E. (2006): "El árbol de la vida. Una representación de la evolución de una representación" en *Ciencia Hoy* 16 (91).
- Starr, C. y Taggart, R. (2004): *Biología: La unidad y diversidad de la vida*. 10º ed., Thomson, México, 933 p.
- Thomas, L. (1976): *Las vidas de la célula*. Emecé, 226 p.
- Tyler Miller, G. (1992): *Ecología y medioambiente*. Grupo Editorial Iberoamérica, 867 p.
- Wilson, E.O. (1992): *The diversity of life*. Cambridge, Massachusetts. Harvard University Press, 410 p.
- Woese, C.R. (1981): *Archaeobacteria*. Scientific American, junio, 98-122 pp.
- Woese, C.R. (2000): "Interpreting the universal phylogenetic tree." *Evolution* 97 (15) pp. 8392-8396.
- Woese C. R.; Kandler, O. y Wheelis M.L. (1990): "Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya." *Evolution* 87: pp. 4576-4579.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
Secretaría Académica
Dirección de Articulación, Ingreso y Permanencia
Año 2015



Biología

Conceptos básicos

Unidad 2. La química de la vida

Ana María Gagneten / Alba Imhof / María del Rocío Marini / Juan Marcelo Zabala / Pablo Tomas / Patricia Amavet / Laura Ravera / Nora Ojea

A pesar de la sorprendente diversidad que podemos observar a nuestro alrededor, incluyéndonos a nosotros mismos, también presentamos una gran uniformidad, ya que todos los seres vivos estamos constituidos por los mismos átomos y moléculas que las cosas inanimadas, y obedecemos a las leyes de la física y de la química. Por supuesto que los seres vivos poseemos propiedades particulares, que están dadas por la composición y la estructura química de las sustancias que nos componen, y que nos diferencian de lo que no tiene vida.

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. Vale decir, podemos romper un pedazo de aluminio en trozos cada vez más pequeños y el menor que logremos obtener, aunque sea un solo átomo solitario, sigue siendo el elemento aluminio.

En la Tierra hay 92 elementos naturales, que encontramos enumerados en la tabla periódica de los elementos. 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)*.

R Recordemos que..

un elemento es una forma fundamental de la materia que tiene masa y que ocupa espacio.

Teniendo en cuenta la concentración relativa en los seres vivos, a estos elementos podemos clasificarlos en: *macroelementos* o constituyentes principales, *microelementos* y *elementos traza*.

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 CHON.

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.

2.1. Formación de moléculas: tipos de enlaces químicos

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.

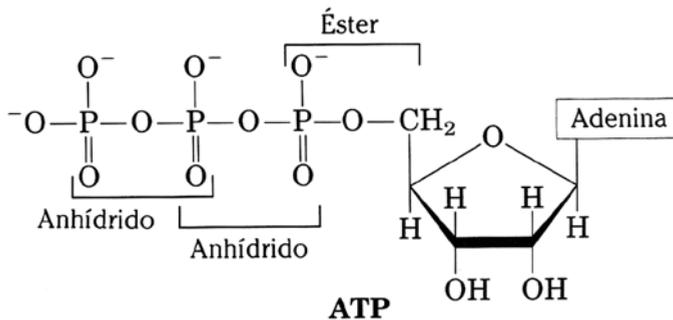


Figura 1. Estructura química del ATP, la moneda energética de las células. Los tres enlaces entre los fosfatos retienen gran cantidad de energía que se libera al romperse cada uno de estos.

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, como luego veremos en la molécula de agua (ver Figura 2, 3 y 5). 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 (ClNa). 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);

- *las 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. Sin embargo, si los átomos se acercan demasiado entre sí, las fuerzas de atracción se transforman en fuerzas de repulsión.

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, como veremos a continuación.

2.2. 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.

2.2.1. 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.

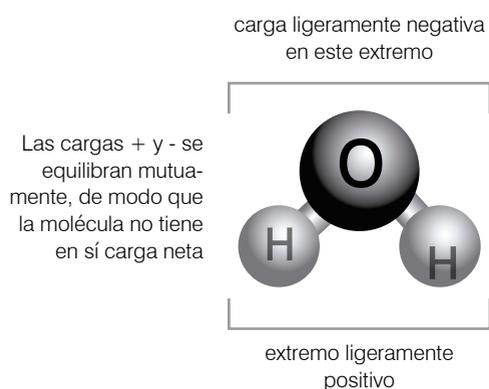
El agua desempeña una serie de funciones en los sistemas vivos. La mayor parte de los demás productos químicos existentes están disueltos en ella y, necesitan un medio acuoso para reaccionar uno con otro. Disuelve los productos de desecho del metabolismo y ayuda a su eliminación de la célula y del organismo. 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.

La estructura molecular 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

Figura 2. Estructura molecular del agua (Fuente: Starr-Taggart, 2004).

no posee carga neta (tiene la misma cantidad de protones que de electrones), es un dipolo eléctrico ya que presenta distribución desigual de cargas (ver figuras 2 y 3).

El agua es una molécula dipolar. Presenta zonas de carga positiva y negativa, pero la carga neta es cero (Fuente: Starr-Taggart, 2004).

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.

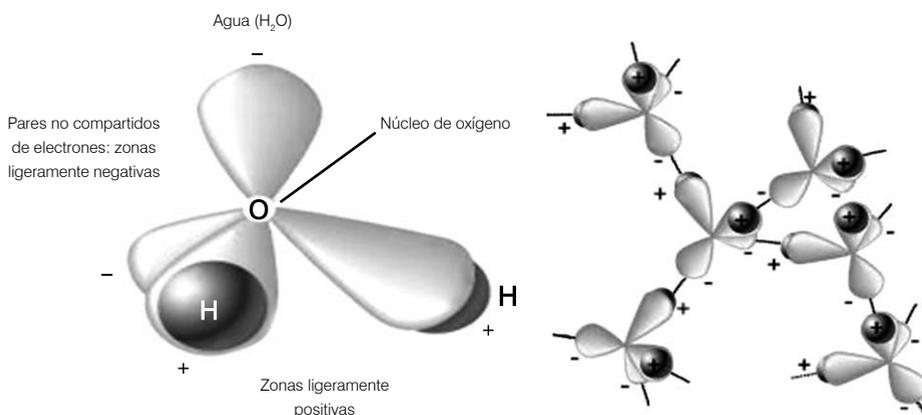


Figura 3. A la izquierda, la molécula de agua representada según el modelo atómico orbital que muestra las zonas de la molécula ligeramente positivas y ligeramente negativas. A la derecha, la formación de puentes de hidrógeno entre las moléculas de agua (Fuente: Curtis y Barnes, 2000).

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:

Sus 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.

Su 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. Tengamos en cuenta que el sudor contiene un 99% de agua.

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 acuáticos 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.

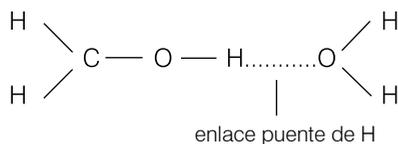
Consideremos ahora lo que ocurre durante la congelación. Por debajo de 0 °C los puentes de hidrógeno resisten a la ruptura y unen las moléculas de agua en un enrejado abierto, que es la estructura que posee el hielo. Al ser menos denso que el agua, el hielo flota en ella. En invierno, cuando el agua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

¿Por qué el agua disuelve sustancias diversas?

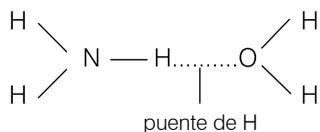
El agua puede disolver sustancias diferentes en mayor grado que cualquier otro disolvente. Esta notable capacidad se debe a dos propiedades:

- 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 (ver Figura 4) de otros compuestos. Las sustancias que presentan grupos químicos como los mencionados se disuelven con mayor facilidad en el agua.

Grupo alcohol:



Grupo amino:



Grupo carbonilo:

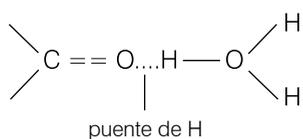


Figura 4. Formación de puentes de hidrógeno entre el agua y otros grupos químicos.

- como ya dijimos, 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.

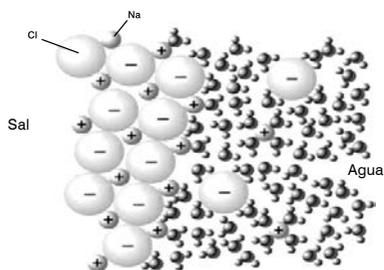


Figura 5. Acción disolvente del agua (Fuente: Curtis y Barnes, 2000).

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 cuando realizamos un ejercicio intenso que nos hace transpirar perdemos calor?

2.2.2. 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.

2.2.3. 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 forman-

do 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.

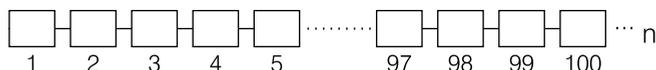
Como ya mencionamos, las moléculas orgánicas se clasifican en cuatro grandes grupos:

- 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, las moléculas pequeñas que citamos antes, enlazadas en forma repetitiva. Veámoslo en una representación gráfica

 = molécula orgánica pequeña

Si se enlazan 100 de estas unidades, se obtienen



Esta cadena, formada por 100 eslabones, representa una molécula. En química también 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).

Una macromolécula es una molécula orgánica gigante, *polimérica*, con un peso molecular elevado (arbitrariamente, suele considerarse mayor que 10000), constituida por moléculas pequeñas que se unen repetitivamente.

Tengamos en cuenta estos conceptos cuando estudiemos cada grupo de moléculas biológicas.

Dentro de estos grupos existen compuestos que sólo poseen en su constitución átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno, por lo que se denominan compuestos orgánicos ternarios. Comprenden a los hidratos de carbono y a los lípidos.

2.2.3.1. La principal fuente de energía: los hidratos de carbono

Son llamados también carbohidratos o glúcidos. Constituyen la mayor parte de la materia orgánica de la Tierra, cumpliendo importantes funciones en todas las formas de vida:

- sirven como almacén de energía, combustible y metabolitos intermediarios;
- los azúcares ribosa y desoxirribosa forman parte del armazón estructural del ARN y ADN;
- los polisacáridos también son elementos estructurales de las paredes celulares de bacterias y plantas. La celulosa, el constituyente principal de las paredes de las plantas, es uno de los compuestos orgánicos más abundantes de la biósfera;
- los hidratos de carbono están enlazados a muchas proteínas y lípidos, donde ejercen funciones clave en las interacciones entre las células y otros elementos del entorno celular.

La inmensa posibilidad de diversidad estructural de los hidratos de carbono es una característica clave en su función de mediadores de las interacciones celulares.

Los hidratos de carbono pueden ser moléculas pequeñas conocidas como azúcares, o moléculas más grandes y complejas. De acuerdo con el número de moléculas de azúcar que poseen, se clasifican en *monosacáridos*, *disacáridos* y *polisacáridos*.

Monosacáridos

Los monosacáridos poseen una sola subunidad, llamada más apropiadamente *monómero*, como ya hemos visto. Este monómero puede tener un número de átomos de carbono que oscila de tres a siete. De acuerdo con ello se denominan *triosas* (cuando están formados por tres átomos de carbono, Figura 6), *tetrosas* (cuatro átomos de carbono), *pentosas* (cinco), *hexosas* (seis) y *heptosas* (7 átomos de carbono).

En todos los carbonos hay una función alcohol (-OH), salvo en uno, que puede presentar:

- una función aldehído: $\begin{array}{l} \text{---} \text{C}=\text{O} \\ \quad \quad \quad \diagdown \\ \quad \quad \quad \text{H} \end{array}$

en cuyo caso el monosacárido se denomina aldosa; o bien

- una función cetona, $\begin{array}{c} | \\ \text{C}=\text{O} \\ | \end{array}$; en este caso el monosacárido se denomina cetosa.

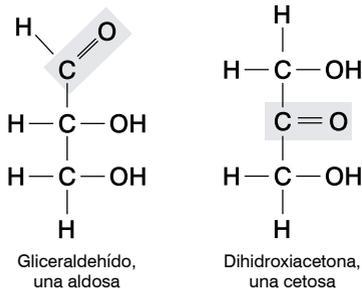


Figura 6. Dos monosacáridos constituidos por tres átomos de carbono, llamados triosas (Fuente: Stryer *et al.*, 2003).

Veamos algunos ejemplos de monosacáridos muy importantes para los seres vivos...

Algunos monosacáridos, como las triosas y tetrosas, son intermediarios de muchos procesos metabólicos. Las pentosas más importantes son la ribosa y desoxirribosa, que forman parte estructural de los nucleótidos y ácidos nucleicos ADN y ARN, que estudiaremos luego. La ribulosa también es una pentosa intermediaria en el proceso de la fotosíntesis. Dentro de las hexosas se encuentra la glucosa, que constituye una fuente de energía muy importante para las células, y es componente de hidratos de carbono más complejos como los disacáridos y polisacáridos. Otras hexosas son la galactosa, que forma parte del azúcar de la leche y la fructosa, que se encuentra principalmente en vegetales y en animales y es un importante combustible celular para los espermatozoides (Figura 7).

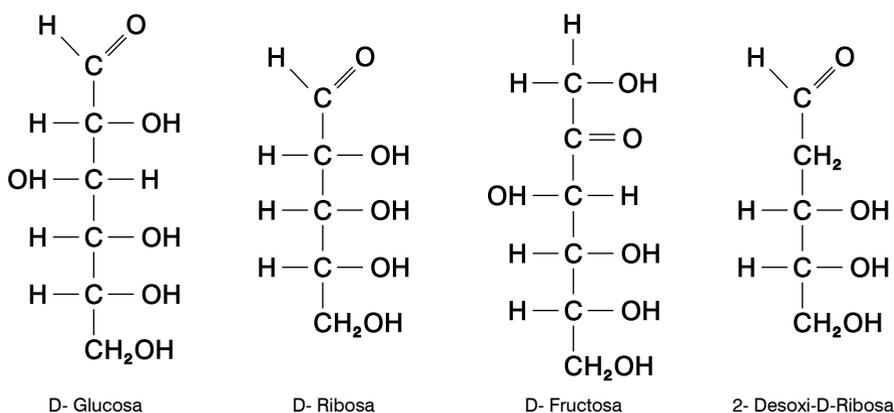


Figura 7. Monosacáridos de 5 y 6 átomos de carbono (Fuente: Stryer *et al.*, 2003).

Disacáridos

Cuando dos hexosas se asocian a través de un enlace glucosídico, forman un *disacárido*, molécula constituida por dos monómeros. Los disacáridos más importantes son la *sacarosa* o azúcar de caña, formada por la unión de una glucosa con una fructosa; la *maltosa*, por asociación de dos glucosas, y la *lactosa* o azúcar de la leche, por asociación de una glucosa con una galactosa.

Los mono y disacáridos, conocidos comúnmente como azúcares, son moléculas relativamente pequeñas, de sabor dulce y son solubles en agua.

Recordemos... Los disacáridos y polisacáridos, que a continuación veremos, para ser utilizados en la célula deben ser desdoblados primero para obtener monosacáridos.

Polisacáridos

Cuando gran cantidad de moléculas de hexosas se unen a través de enlaces glucosídicos se forman grandes moléculas, constituidas por numerosas subunidades, que se denominan polímeros. Los polímeros formados por muchos monosacáridos se llaman polisacáridos. Los más conocidos sirven como almacén de energía, y por lo tanto son acumulados tanto en células vegetales como animales. Estos son: almidón, que es el polisacárido de reserva energética en células vegetales, y el glucógeno, polisacárido de reserva en animales. Ambos son polímeros de glucosa.

Otros polisacáridos no constituyen fuentes energéticas pero son importantes componentes estructurales en los seres vivos. Por ejemplo la celulosa, que es un polímero de glucosa que constituye la mayor parte de la pared celular de células vegetales, brindándole a las plantas rigidez y sostén. Otro ejemplo de polisacárido estructural es la quitina, un importante componente del exoesqueleto de los insectos y crustáceos, y de las paredes de algunos hongos. La mureína también es estructural, formando las paredes celulares bacterianas.

Hasta ahora hemos visto los hidratos de carbono clasificados de acuerdo con la complejidad estructural de la molécula, y algunas de sus funciones, en forma resumida. Veamos ahora otras funciones importantes en los sistemas biológicos.

¿Por qué decimos que la membrana celular es asimétrica?

? *Para pensar*

Cuando mencionamos la composición de la membrana plasmática hablamos de una doble capa de fosfolípidos donde se insertan proteínas.

Observemos la Figura N° 8 del modelo de mosaico fluido.

¿Qué otro elemento importante constituye las membranas plasmáticas?

Los glúcidos de la membrana se unen externamente a proteínas y lípidos formando glucoproteínas y glucolípidos, constituyendo la cubierta celular o glucocáliz. Esta disposición asimétrica de los glúcidos es la principal responsable de la asimetría de la membrana y permite que la célula cumpla importantes funciones, ya que actúan en los fenómenos de reconocimiento y la adhesión entre células. Por ejemplo, el tejido epitelial, de acuerdo con la función que cumple, está constituido por células íntimamente unidas entre sí, en las que interviene el glucocáliz de las membranas plasmáticas de las células. También la detección de células extrañas por el sistema inmunitario es un fenómeno de adhesión que puede realizarse gracias al glucocáliz.

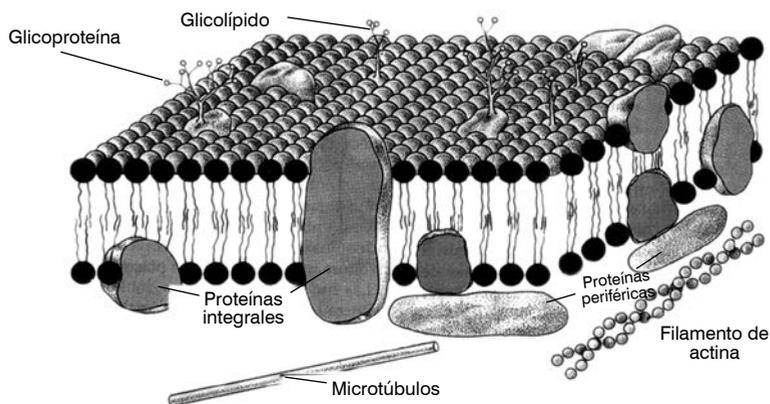


Figura 8. Esquema del mosaico fluido de la membrana celular (Junqueira y Carneiro, 1998). La membrana plasmática está constituida por una bicapa lipídica con proteínas intercaladas. Los azúcares en la membrana sólo se encuentran en la monocapa externa.

2.2.3.2. Seguimos con otros compuestos orgánicos ternarios, 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.

Los lípidos son solubles en solventes no polares, como benceno, éter, tetracloruro de carbono y cloroformo. En cambio, son insolubles en solventes polares, como el agua y las soluciones acuosas.

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 (ver Figura 9) y forman parte de los fosfolípidos y triglicéridos;
- *fosfolípidos*, como la fosfatidilcolina y fosfatidilserina, constituyen las membranas celulares (ver Figura 11);

- *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). 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.

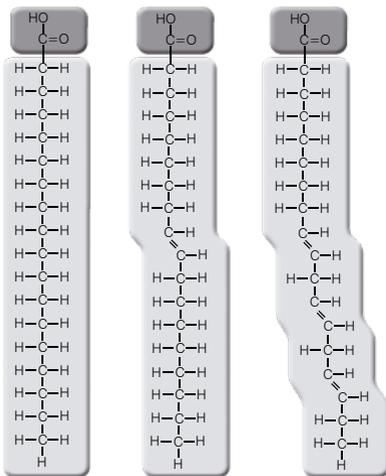


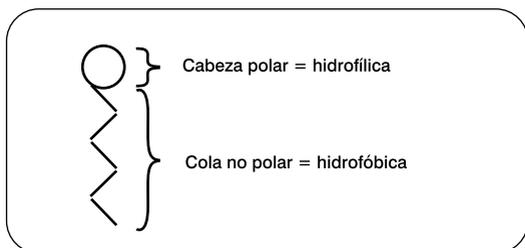
Figura 9. Tres fórmulas estructurales de ácidos grasos. A la izquierda, el ácido esteárico, constituido por una cadena principal de carbono completamente saturada con átomos de hidrógeno. En el medio se observa el ácido oleico, que tiene un doble enlace en su cadena principal, y por lo tanto es un ácido graso no saturado. A la derecha, el ácido linoléico, que tiene tres dobles enlaces, por lo que es poliinsaturado (Fuente: Starr-Taggart, 2004).

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.

Antes de seguir con el próximo grupo de lípidos, nos detendremos a analizar un aspecto interesante de los ácidos grasos.

Los jabones que utilizamos en la higiene diaria son sales de ácidos grasos. Están formados por un ácido graso de cadena larga, que como ya hemos visto, no se solubiliza en el agua, que se une con un ión metálico, generalmente el sodio (Na⁺), el

potasio (K⁺) o el calcio (Ca⁺⁺). Estos iones sí pueden solubilizarse en agua, de manera que las moléculas así formadas son de carácter dual, por un extremo hidrofílicas (hidro: agua, filia: afín: que “aman” el agua) y por el otro hidrofóbicas (hidro: agua, fobia: horror: que “odian” el agua) y se representan de la siguiente manera:



Las moléculas que poseen estos dos sectores tan dispares se denominan anfipáticas, porque uno de ellos es polar e hidrofílico (con afinidad por el agua y los solventes acuosos), mientras que el otro es no polar e hidrofóbico (rechaza el agua y es afín con los solventes como el éter y el cloroformo).

? *Ahora pensemos...*

¿Qué ocurre cuando las moléculas de jabón se ponen en contacto con el agua? Sus diferentes sectores se “orientan” en ella de acuerdo con su afinidad: las colas no polares tienden a agruparse escapando del agua, en tanto que las cabezas polares se exponen a ella. Una manera de conseguir esta disposición es formar una esfera, cuya superficie esté constituida por las cabezas hidrofílicas y cuyo interior esconda las colas hidrofóbicas de numerosas moléculas de jabón. Esto es lo que se llama una *micela* (ver Figura 10).

Debido a esta característica los jabones arrastran la suciedad: las moléculas de jabón forman micelas en contacto con el agua que utilizamos para enjuagar, y la suciedad o “grasitud” que se solubiliza en las colas hidrofobas queda atrapada en el centro de la micela, *siendo barrida de la superficie que se jabonó.*

Cuando empezamos a considerar a los ácidos grasos, quedó establecido que raramente se encuentran libres en los tejidos.

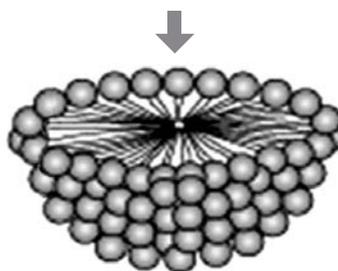
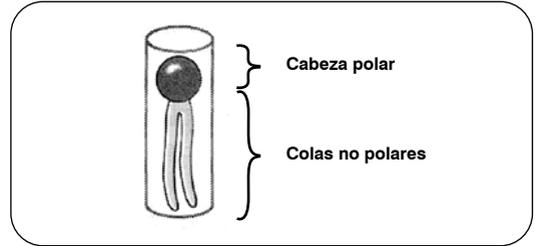


Figura 10. Esquema de una micela.

Veremos a continuación otros lípidos que poseen ácidos grasos en su constitución: fosfolípidos, glucolípidos, grasas y ceras.

Fosfolípidos

Son lípidos que se caracterizan por la presencia de un grupo fosfato y dos ácidos grasos. El grupo fosfato le confiere a esa zona de la molécula la propiedad de solubilizarse en agua, mientras que los ácidos grasos no lo hacen. Es por eso que los fosfolípidos también son anfipáticos, como los jabones.



Como ocurría con los jabones, los fosfolípidos también pueden dispersarse en agua formando micelas en las cuales las colas hidrofóbicas se orientan hacia adentro, evitando el agua, y las cabezas hidrofílicas se ubican en la superficie.

Pero los fosfolípidos suelen adoptar otra disposición en el medio acuoso: la bicapa lipídica (vuelve a ver la Figura 8, el esquema del mosaico fluido). Esta estructura se halla integrada por una capa de fosfolípidos ordenados que se ensambla con otra capa similar, enfrentándose ambas por sus colas hidrofóbicas.

La bicapa lipídica es una estructura muy estable, y su importancia biológica es crítica, ya que constituye la base de las membranas celulares, que se forman espontáneamente al colocar fosfolípidos en un medio acuoso, como es el líquido extracelular que baña a las células. Si los fosfolípidos no fueran anfipáticos, no formarían bicapas.

Volveremos a retomar el tema cuando estudiemos la membrana plasmática.

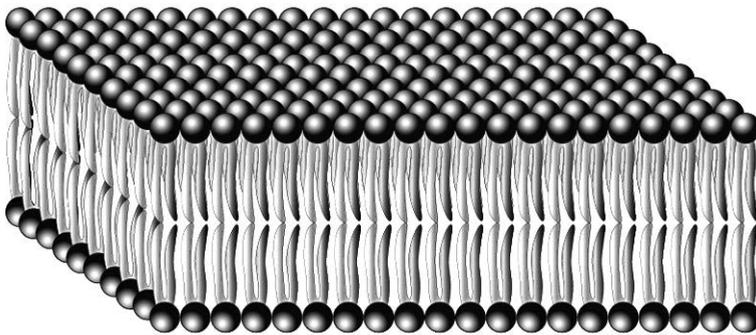


Figura 11. Disposición de los fosfolípidos en las membranas biológicas.

Triglicéridos o grasas neutras

Como su nombre lo indica, están constituidos por tres ácidos grasos unidos al glicerol, un alcohol de 3 carbonos.

Como ya hemos dicho cuando hablamos de los ácidos grasos, de acuerdo con la longitud y el grado de saturación que presentan los ácidos grasos que componen la molécula, 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 tocino, que constituye la grasa subcutánea.

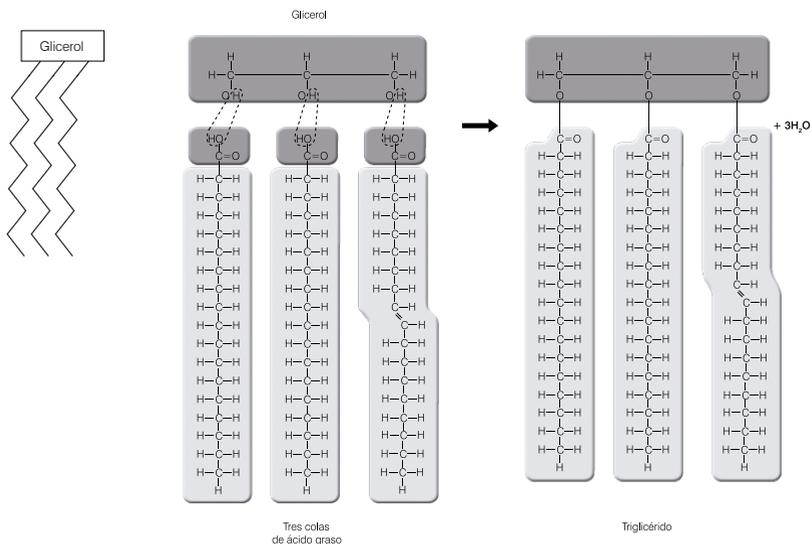


Figura 12. Estructura química de un triglicérido: a la izquierda, el esquema. A la derecha se observa la condensación de ácidos grasos con una molécula de glicerol para formar el triglicérido. Observa que al igual que los fosfolípidos, las colas de ácidos grasos no son siempre iguales, y pueden ser saturadas e insaturadas (Fuente: Starr-Taggart, 2004).

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, 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.

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, 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.

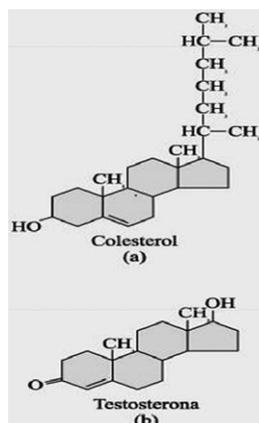


Figura 13. En (a) Estructura química del colesterol; en (b) la testosterona, hormona producida en el testículo y sintetizada a partir del colesterol (Fuente: Curtis y Barnes, 2000)

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.

 **Actividades**

- ¿Qué relación se puede establecer entre el comportamiento migratorio de algunas aves y la reserva de lípidos?

- ¿Qué función cumple la grasa acumulada en el tejido subcutáneo en animales que viven en ambientes muy fríos? Brinda ejemplos.

- ¿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).

- ¿Por qué los patos, los pingüinos y otros animales de hábitos acuáticos no se mojan?

- Vuelve sobre el texto y observa nuevamente el esquema del mosaico fluido. ¿Qué función cumplen los lípidos que allí se encuentran?

- ¿Sabías que las hormonas sexuales masculinas y femeninas son derivadas del colesterol? ¿Qué función cumplen los lípidos en este ejemplo?

Con todos estos ejemplos y las respuestas obtenidas podrás consignar las funciones de los lípidos a partir de conocimientos cotidianos.

Para reflexionar...

Entre los seres humanos, las mujeres se caracterizan por tener una capa de grasa subdérmica más gruesa que la de los hombres. Esta capacidad de almacenar grasa, aunque no es muy admirada en la civilización actual, indudablemente fue muy valiosa hace diez mil años o más. En esos tiempos, según sabemos, no existía otra manera de almacenar alimentos, y ésta grasa adicional, no solamente nutría a la mujer sino, lo que era más importante, al feto y al lactante, cuya capacidad para ayunar sin peligro es mucho menor que la de un adulto. Así, muchas de nosotras estamos suprimiendo penosamente, mediante dietas, la capacidad de acumulación que nos legaron milenios de evolución... (Extraído de Curtis y Barnes, *Biología*, 6ta edición, 2000).

2.2.3.3. Ahora se suma el nitrógeno: los compuestos orgánicos cuaternarios. Las proteínas

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 ($C\alpha$). 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:

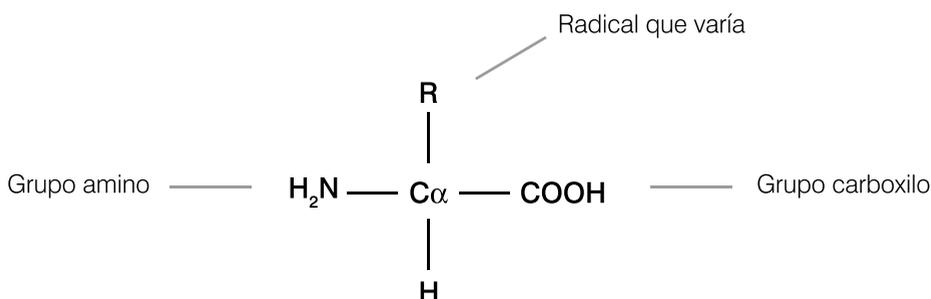


Figura 14. Estructura de un aminoácido.

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* (Figura 15).

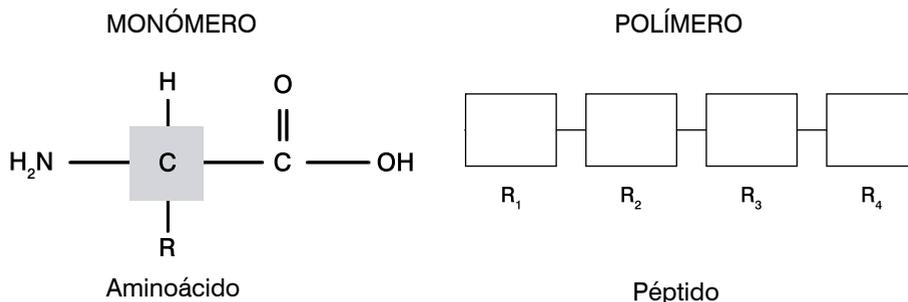


Figura 15. Formación de un polímero por enlaces peptídicos (Fuente: Stryer *et. al.*, 2003).

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:

- la *estructura primaria* de una proteína es la disposición lineal, o secuencia, de restos de aminoácidos que constituyen la cadena polipeptídica (Figura 16).

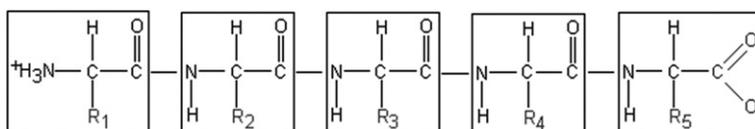


Figura 16. Estructura primaria de una proteína: a la izquierda, el extremo amino, a la derecha, el extremo carboxilo.

- la *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 (Figura 17);

Figura 17. Estructura secundaria: a la izquierda, la hélice α . A la derecha, la hoja plegada β (Fuente: Lodish, 2002).



- la *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 (Figura 18);



Figura 18. Estructura terciaria de una enzima, la ribonucleasa. Cada círculo representa un aminoácido. Se muestran pintados los puentes disulfuro que se forman entre aminoácidos alejados entre sí (Fuente: Stryer *et ál.*, 2003).

- la *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 (Figura 19).

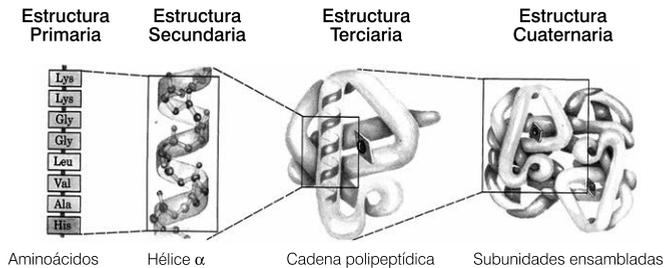


Figura 19. Los cuatro niveles de organización de las proteínas (Fuente: Stryer *et al.* 2003).

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:

- las 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 protecto-

Relacionado con la configuración, un tema de moda: las vacas locas.

Lo que acabamos de analizar se relaciona con un tema de creciente interés en la salud animal y humana: las enfermedades priónicas, tales como la encefalopatía espongiforme bovina o enfermedad de las vacas locas. Si una proteína adopta una conformación inapropiada pueden producirse situaciones patológicas. Éstas se producen cuando una proteína cerebral, llamada prión, cambia su conformación normal por una alterada. Esta transformación anormal tiene la capacidad de autorreproducirse, dando lugar a grandes agregados de priones alterados.

ras, 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;

- las 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:

- la 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.



Actividades

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.

Luego de haber analizado los niveles de organización proteica nos introduciremos en la gran diversidad de funciones que cumplen las proteínas dentro de los organismos vivos.

Para ello veamos la siguiente figura:

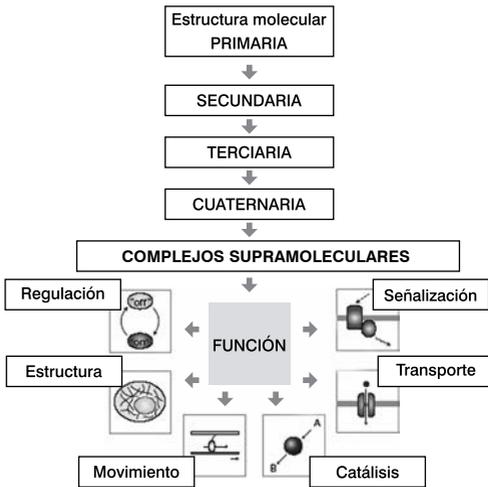


Figura 20. Resumen general de estructura y función de las proteínas (Fuente: Stryer, 2003).

Te brindamos a continuación una serie de ejemplos que te permitirán ampliar y relacionar la información brindada en la Figura 20.

- Los glóbulos blancos pueden fagocitar partículas extrañas gracias a la formación de pseudópodos. ¿Sabías que estas prolongaciones se forman por la acción de los microtúbulos, constituidos por una proteína llamada tubulina?

- La digestión de los hidratos de carbono que ingerimos con algunos alimentos comienza en la cavidad bucal por acción de una enzima, la amilasa salival. Por eso, si masticamos durante mucho tiempo un trozo de pan percibiremos un sabor dulce, debido a la digestión parcial del almidón, obteniendo disacáridos.

- La glucosa es una molécula grande e hidrofílica que no puede atravesar la bicapa lipídica. Ya hemos visto que la glucosa es la principal fuente de energía para las células, por lo que debe estar disponible en el interior de las mismas. La glucosa atraviesa la membrana plasmática a través de una proteína, llamada permeasa de la glucosa, que atraviesa todo el espesor de la bicapa lipídica, y que es específica para este monosacárido.

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

- Los filamentos intermedios del citoesqueleto están constituidos por proteínas. Busca ejemplos. ¿Qué función cumple este tipo de proteínas en la célula?

- ¿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?

Otra utilidad más...

Una de los más actuales usos de las proteínas es investigar la evolución: las relaciones evolutivas se manifiestan en las secuencias de las proteínas. El estrecho parentesco entre los seres humanos y los chimpancés, se revela con claridad en la secuencia

de aminoácidos de la mioglobina. La secuencia de la mioglobina humana se diferencia de la del chimpancé únicamente en un solo aminoácido en una proteína de 153 residuos!

Veamos a continuación un fragmento de la secuencia de aminoácidos de esta proteína, escrito en código de una letra, donde se ve el reemplazo de H (histidina) en la mioglobina humana por Q (glutamina) en la mioglobina del chimpancé:

QSHATKHKIPVKYLEFISECIIQVLHSKHPGDFGADAQGAMNKALELFRK
 QSHATKHKIPVKYLEFISECIIQVLQSKHPGDFGADAQGAMNKALELFRK

2.2.3.4. Las macromoléculas responsables de la herencia: los ácidos nucleicos

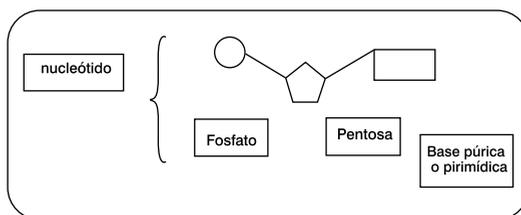
Son compuestos cuaternarios que además poseen P (fósforo) en su composición, responsables del control de todas las funciones celulares y, además, de la transmisión de la información hereditaria a las nuevas generaciones.

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:



- una de ácido fosfórico;
- una pentosa y
- una base nitrogenada.

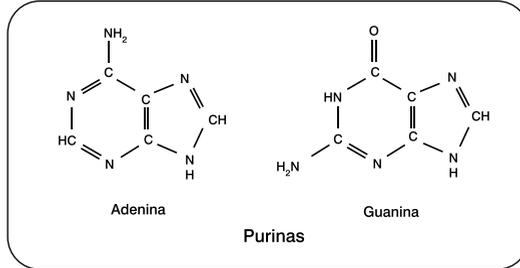
La *pentosa* puede ser de dos tipos:

- ribosa o
- desoxirribosa.

La base nitrogenada puede pertenecer a dos categorías:

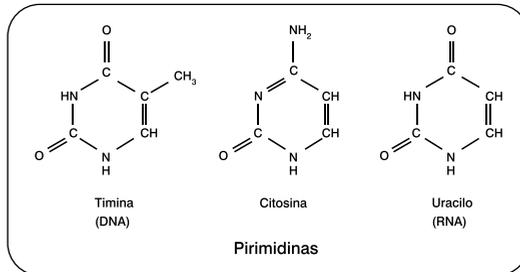
a) derivadas de la purina, que incluye:

- adenina **A**
- guanina **G**



b) derivadas de la pirimidina, donde se encuentran:

- citosina **C**
- timina **T**
- uracilo **U**



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

Nucleótido	Aldopentosa	Bases		Grupo Fosfórico
		Púricas	Pirimídicas	Ácido fosfórico
Ribonucleótidos	Ribosa	Adenina Guanina	Citosina Uracilo	Ácido fosfórico
Desoxirribonucleótidos	Desoxirribosa	Adenina Guanina	Citosina Timina	

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 - tri - fosfato*, un nucleótido constituido por:

- adenina;
- ribosa y
- 3 grupos de ácido fosfórico enlazados consecutivamente (Figura 21).

Los enlaces entre los dos grupos de ácidos fosfóricos terminales tienen la particularidad de poseer un elevado contenido de energía. Esa alta energía ha sido representada en la fórmula anterior mediante el signo “~”. 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:



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.

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.

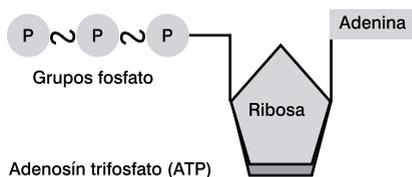


Figura 21. Estructura del adenosintrifosfato (ATP) (Fuente: Curtis y Barnes, 2000).

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 (Figura 22).

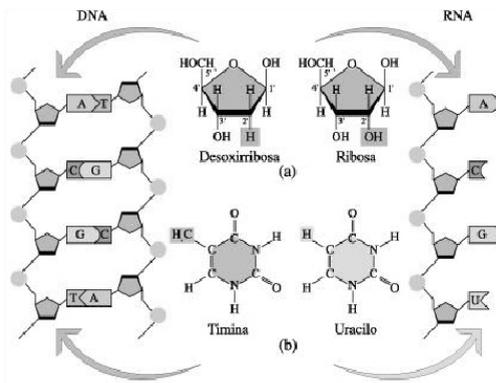


Figura 22. Diferencias entre el ADN y el ARN (Fuente: Curtis y Barnes, 2000).

Acido ribonucleico (ARN ó RNA)

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 que explicaremos más adelante. 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 (Figura 23):

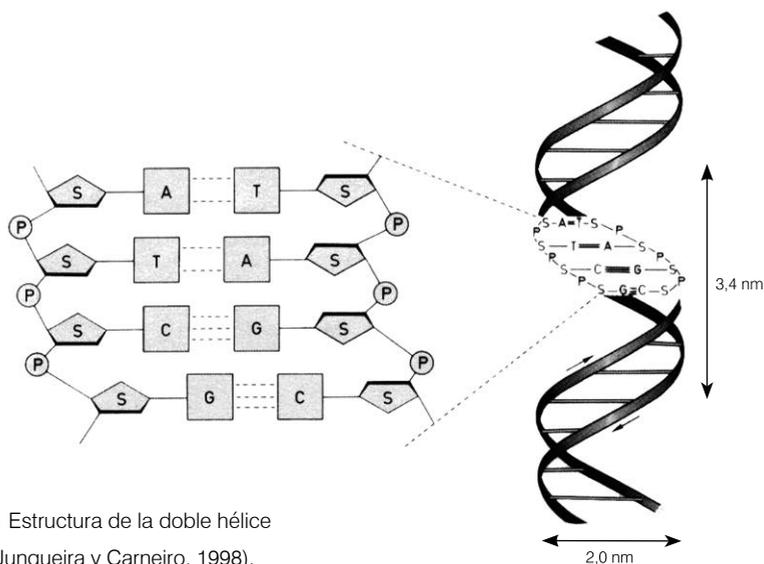
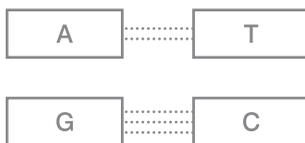


Figura 23. Estructura de la doble hélice
(Fuente: Junqueira y Carneiro, 1998).

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.

El descubrimiento de Watson y Crick del modelo de la doble hélice, que lleva implícito el mecanismo de la duplicación exacta del material genético, es uno de los hitos de la historia de la ciencia, por el que recibieron el premio Nobel en 1962.

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 mode-

lo 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.

? ¿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".

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.

A *Actividad*

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.

S *Para saber más...*

Diferencias entre el ADN de procariontes y eucariontes.

El ADN de las *células procariontes* forma en general un cromosoma único, circular, que ocupa una región de la célula denominada nucleoide, y está unido a un punto de la membrana plasmática. El cromosoma está constituido por ADN no asociado a histonas, y en *E. coli* por ejemplo, tiene un grosor de 2 nm y un largo de 1,2 mm. Los filamentos de ADN no sufren el proceso de condensación que lleva a la formación de cromosomas visibles al microscopio óptico, durante la división celular.

En *células eucariontes* el ADN se encuentra en el núcleo, en cantidades mucho mayores y forma múltiples cromosomas, en número característico de acuerdo con la es-

pecie. El ADN se combina con proteínas, las histonas, que tienen un importante papel en su organización, tanto durante la interfase como en la condensación de los cromosomas durante la división celular.

Como resumen y conclusión de esta unidad, podemos afirmar que, los principales tipos de moléculas biológicas llevan a cabo funciones idénticas en todos los seres vivos:

Lípidos	combustibles celulares, reserva energética, elementos estructurales
Hidratos de carbono	combustibles celulares, reserva energética, elementos estructurales
Proteínas	actividad catalítica, elementos estructurales, funciones particulares
Ácidos nucleicos	almacenamiento y transmisión de la información genética, forman parte de la maquinaria de síntesis de proteínas (ARNr y ARNt).

En este capítulo hemos conocido los compuestos inorgánicos y orgánicos más importantes para la vida. Ellos se caracterizan porque además de ser parte constituyente del protoplasma celular, intervienen en diferentes tipos de reacciones químicas fundamentales para que, por ejemplo, la célula, como unidad estructural y funcional de los seres vivos, lleve a cabo todas sus funciones vitales.

Para comprender qué tipos de reacciones ocurren y cómo se producen te invitamos a estudiar la Unidad 3 sobre Metabolismo.

Referencias bibliográficas

Aljanati, D.; Wolovelsky, E. y Tambussi, C. (1997): *Los códigos de la vida. Biología III*. Ediciones Colihue.

Blanco, A. (1993): *Química biológica*. 6ta. ed., Buenos Aires, El Ateneo.

Curtis, E. y Barnes, S.N. (2000): *Biología*. 6ta. edición en español, España, Editorial Médica Panamericana.

De Robertis, E. (h); Hib, J. y Ponzio, R. (2003): *Biología celular y molecular*. 15ta. ed., Buenos Aires, El Ateneo.

Junqueira, L.C. y Carneiro, J. (1998): *Biología celular y molecular*. 6ta. ed., Chile, Mc. Graw- Hill Interamericana.

Lehninger, A.L. (1998): *Principios de Bioquímica*. Barcelona, Omega.

Lodish, H.; Berk, A.; Zipursky, S.L.; Matsudaira, P.; Baltimore, D. y Darnell, J. (2002): *Biología Celular y Molecular*. 4ta. ed., Editorial Médica Panamericana.

Prociencia-CONICET (1997): *Biología celular*. Ministerio de Educación y Cultura.

Starr, C. y Taggart, R. (2004): *Biología. La unidad y diversidad de la vida*. 10ma. ed., Thomson.

Stryer, L.; Berg, J. y Tymoczko, J. (2003): *Bioquímica*. 5ta. ed., España, Reverté.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
Secretaría Académica
Dirección de Articulación, Ingreso y Permanencia
Año 2015



Biología

Conceptos básicos

Unidad 3. Metabolismo

Ana María Gagneten / Alba Imhof / María del Rocío Marini / Juan Marcelo Zabala
Pablo Tomas / Patricia Amavet / Laura Ravera / Nora Ojea

3.1. Concepto e importancia

¿A qué nos referimos cuando hablamos de metabolismo?

Podemos definirlo como el “conjunto de reacciones bioquímicas que le permiten a un organismo obtener y utilizar la energía y los compuestos necesarios para su desarrollo”.

Ahora bien, un organismo ¿qué obtiene del medio y para qué? Sabemos que nosotros, como organismos vivos, estamos compuestos por moléculas orgánicas unidas mediante enlaces energéticos. Por consiguiente, para mantenerse y desarrollarse, todo organismo necesita incorporar materias primas para fabricar su propia estructura y por lo tanto consume energía en la fabricación de esos nuevos compuestos.

En resumen, lo que un organismo necesita e intercambia con el medio es materia y energía. Veremos más adelante cómo buscan satisfacer ambos requerimientos.

Otro aspecto que no debemos olvidar es que, dentro del organismo, las moléculas no se separan ni ensamblan solas por el simple hecho de estar juntas y disponer de energía. Para que puedan producirse todas esas reacciones químicas se requiere de la participación de las enzimas, proteínas específicas ya nombradas.

El hecho de que las reacciones se produzcan en forma ordenada y progresiva es de extraordinaria importancia para las células, porque permite aprovechar mejor la energía minimizando las pérdidas. Si las reacciones se realizaran en forma brusca, en una sola etapa, casi toda la energía se disiparía en forma de calor, como ocurre, por ejemplo, durante la combustión del carbón.

3.2. Las enzimas: herramientas de la maquinaria celular

Las enzimas son moléculas proteicas que actúan como catalizadores biológicos, eficaces y muy específicos. Son llamados catalizadores porque aceleran la velocidad de las reacciones químicas en un millón de veces e incluso más, y no se

Se define como sustrato enzimático a la molécula sobre la que actúa la enzima. Luego de modificada en la reacción química, esa molécula pierde sus propiedades y deja de ser sustrato, por lo que la enzima queda libre para actuar sobre otra molécula intacta.

alteran ni se consumen durante las reacciones. De no existir las enzimas, las reacciones en los sistemas biológicos serían muchísimo más lentas, y la vida no sería posible.

Una de sus propiedades más importantes es la *especificidad*. Ésta se debe a que poseen regiones de su estructura molecular, denominadas *sitios activos*, que permiten el reconocimiento de un sustrato específico. La interacción enzima-sustrato es extremadamente precisa, como si fuera la interacción de una llave con su cerradura (ver Figura 1). Esto quiere decir que para cada tipo de reacción química existe una enzima específica encargada de catalizarla.

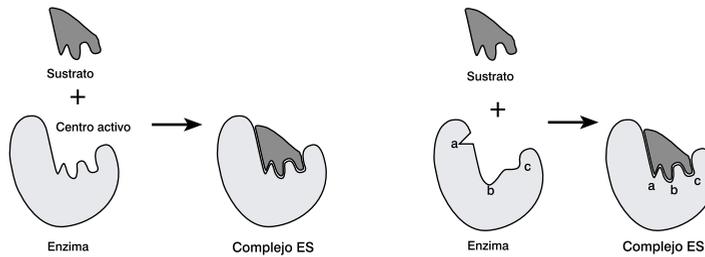


Figura 1. Modelos de interacción enzima-sustrato. A la izquierda, modelo de llave-cerradura. A la derecha, modelo de ajuste inducido (Fuente: Stryer, 2003).

Sin embargo, se ha probado que las enzimas son flexibles y la forma de los centros activos de algunas se modifica al unirse al sustrato. Los centros activos tienen formas complementarias al sustrato solamente *después* de que éste se ha unido. Este proceso de reconocimiento dinámico se denomina *ajuste inducido*.

Ahora conocemos a los tres actores de toda reacción bioquímica que se desarrolla en las células vivas: el sustrato determinado, la enzima específica, y la energía que se requiere para que se produzca la reacción.

¿Pero en qué consisten esas reacciones? Asomémonos al interior de la célula y analicemos lo que ocurre.

3.3. Tipos de procesos metabólicos

Los seres vivos son sistemas abiertos, es decir, intercambian materia y energía con el medio externo. Las sustancias (orgánicas e inorgánicas) que se incorporan a un organismo ingresan a una compleja sucesión de reacciones químicas dirigidas por enzimas, para obtener finalmente energía o construir sus propios compuestos más complejos. Según el resultado de dichas reacciones y su objetivo para la célula, podemos dividir los procesos en dos tipos:

1. *Catabólicos* o procesos metabólicos degradativos y,
2. *Anabólicos* o procesos metabólicos constructivos o de síntesis.

Veamos el primero de ellos...

3.3.1. Procesos catabólicos

En ellos las moléculas orgánicas complejas son degradadas. Al romperse los enlaces entre sus componentes entregan parte de su energía química y producen moléculas más sencillas.

¿Cuál es el destino de ambos productos?

Por un lado, la energía que se libera será transferida a un nucleótido que ya hemos mencionado, el adenosintrifosfato (ATP). Éste actúa como molécula intermediaria, es decir que almacena la energía química temporariamente y la cede con facilidad ante las necesidades energéticas de la célula.

Debemos tener en cuenta que tanto la energía como las moléculas simples resultantes pasan a ser la materia prima de los procesos de síntesis de compuestos celulares, es decir, del anabolismo.

Por otro lado, los compuestos simples que resultan de la degradación pueden ser de dos tipos: 1) *moléculas pequeñas* utilizables en la reelaboración de moléculas complejas (ejemplo: aminoácidos utilizados en la síntesis de proteínas) o bien 2) *desechos metabólicos* (ejemplo: CO₂).



Trabajemos con un ejemplo...

La respiración celular. ¿Qué hacemos cuando respiramos?

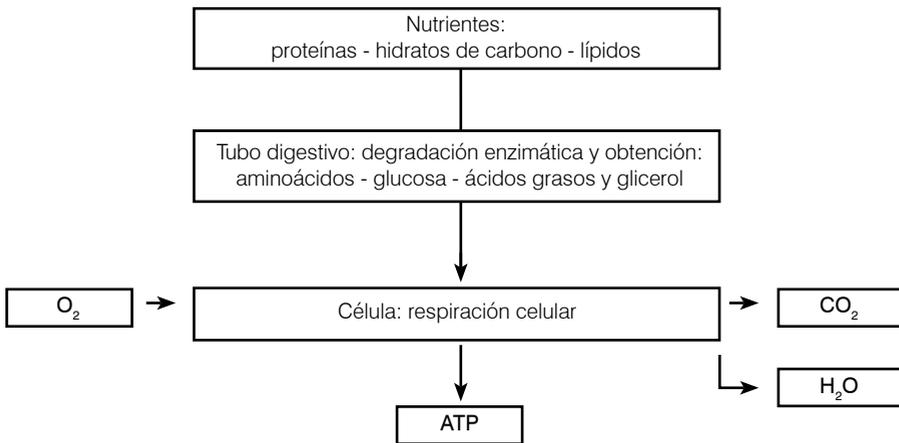
Comúnmente decimos que inhalamos O₂ y eliminamos CO₂. Pero... ¿a dónde va ese O₂ luego de entrar a los pulmones? ¿De dónde sale el CO₂?

Si descubrimos que organismos sin pulmones como las bacterias y las plantas también respiran, nos damos cuenta al instante de que algo más sucede. Y la existencia de respiración celular nos está indicando que hay reacciones químicas internas de la célula que definen al proceso mucho mejor que el simple intercambio gaseoso.

La respiración es la oxidación de moléculas orgánicas para obtener energía en forma de ATP. Podemos explicarlo brevemente de la siguiente manera: cuando respiramos proveemos de oxígeno a las células, el cual les llega transportado por el torrente sanguíneo. Y cuando ingerimos alimentos, el proceso de digestión permite la degradación de las moléculas complejas en compuestos simples. La glucosa es un monosacárido, una unidad simple de hidratos de carbono presentes en muchos alimentos, los cuales al ser digeridos liberan esas moléculas de glucosa que también son transportadas a todo el organismo por el sistema circulatorio. Al ingresar al interior celular, la glucosa será respirada, es decir, será degradada en una serie de reacciones químicas catalizadas por enzimas en las que se consume el O₂ que tomamos del aire.

Al finalizar el proceso, gran parte de la energía liberada fue almacenada en moléculas de ATP y de la glucosa sólo quedan algunas moléculas de CO_2 el cual es un desecho metabólico que pasa del interior celular a la sangre y es transportado por ésta hasta los pulmones, que finalmente lo liberan al exterior a través de las vías respiratorias. Por otro lado, algunas de las moléculas intermedias de toda la secuencia de degradación de la glucosa que quedan en la célula pueden ser utilizadas por ésta en otros procesos metabólicos de síntesis, como veremos más adelante.

En resumen: los procesos catabólicos son los que proveen a la célula de la energía y las moléculas necesarias para cumplir sus funciones biológicas.



3.3.2. Procesos anabólicos

Son la serie de reacciones en las que tiene lugar la síntesis de los componentes macromoleculares de las células, a partir de moléculas más sencillas. Este proceso siempre va acompañado de consumo de energía, la que se obtiene utilizando los ATP generados mediante el catabolismo. Así, las células reensamblan las piezas simples obtenidas por los procesos degradativos, sintetizando las sustancias que el organismo necesita para su existencia.

Un ejemplo de este tipo de procesos es la fotosíntesis, por la cual algunos organismos elaboran su propio alimento.

Veamos qué pasa...

La *fotosíntesis* es un proceso anabólico mediante el cual la energía de la luz solar es captada por los organismos fotosintéticos (vegetales, algas) y almacenada en forma de enlaces químicos de compuestos orgánicos (por ejemplo glucosa, almidón).

¿De qué manera?

Las células utilizan esa energía solar para combinar moléculas simples como el agua y CO₂. Por eso decimos que las plantas cuando fotosintetizan consumen CO₂. La molécula orgánica formada por este proceso es la *glucosa*.

Como resultado se almacenó la energía lumínica en forma de enlaces químicos y se obtuvo una molécula orgánica a partir de compuestos inorgánicos como el agua y el CO₂.

Como desecho de este proceso anabólico se libera O₂ al exterior (Figura 2).

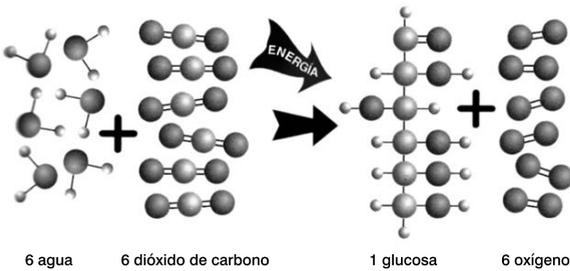


Figura 2. El resultado neto de la fotosíntesis es la obtención de moléculas de glucosa, siguiendo la reacción general que se esquematiza: $6 \text{H}_2\text{O} + 6 \text{CO}_2 = 1 \text{ glucosa} + 6 \text{O}_2$ (Fuente: Alajnti, 1997).

Ahora veamos...

Los organismos no fotosintéticos también son capaces de realizar procesos anabólicos: por ejemplo, la síntesis de proteínas. Dicha síntesis se realiza a partir de los aminoácidos que se obtienen de la degradación de las proteínas de los alimentos en los procesos catabólicos. Estos aminoácidos son reensamblados en el orden necesario para fabricar las proteínas que necesita la célula para su funcionamiento y crecimiento. Como todo proceso anabólico, la síntesis de proteínas conlleva un consumo de energía, proporcionada por el ATP. De esta manera se sintetizan las proteínas de membrana o las enzimas dentro de la célula.

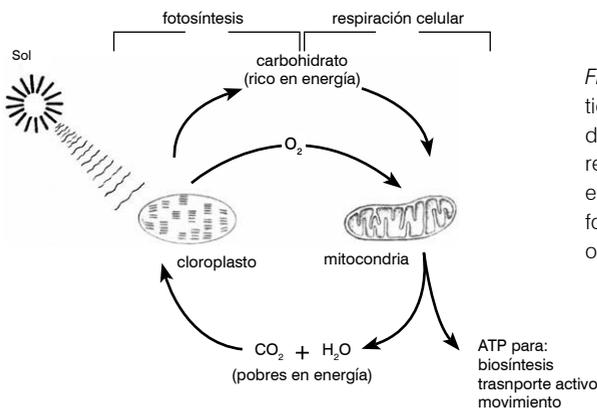


Figura 3. Se muestra el proceso fotosintético y el respiratorio como formando parte de un solo proceso general, que involucra reacciones catabólicas y anabólicas. Sin embargo, sólo en los organismos autótrofos se dan los dos procesos en el mismo organismo (Fuente: Alajnti, 1997).

El texto anterior y la Figura 3 nos muestran que ambos procesos casi siempre están acoplados, que los sustratos utilizados por un proceso son el producto obtenido con

el otro, y que se intercambia materia y energía. Esto encuentra su lógica si tenemos en cuenta que ambos procesos, degradativos y de síntesis, ocurren simultáneamente dentro de la misma célula.

Veamos otro ejemplo de interrelación...

La energía captada y transformada por la fotosíntesis en energía química queda almacenada en los enlaces covalentes de las moléculas de glucosa que las plantas sintetizan. Tanto esos vegetales como los animales herbívoros que los consumen toman esa energía química y la utilizan para procesos anabólicos, transformándola en otras formas de energía y moléculas complejas. De esta manera, los organismos fotosintéticos constituyen la base de la cadena alimentaria.

3.4. Autótrofos versus heterótrofos

A la hora de analizar las reacciones metabólicas, debemos considerar cuál es la fuente de carbono que incorporan los organismos y cuál es la fuente de energía. Si dejamos de pensar en una sola célula individual y lo hacemos en un organismo vivo, podemos tratar de clasificarlos en función de si son capaces de tomar o no energía y carbono de fuentes inorgánicas.

Consideremos en primer término *la obtención de carbono*.

Existen dos grandes fuentes de este elemento:

- *inorgánica*: el dióxido de carbono atmosférico y,
- *orgánica*: las moléculas orgánicas preformadas.

La utilización de carbono inorgánico para fabricar su propia estructura sólo puede ser llevada a cabo por organismos autótrofos (auto: propio, trofo: alimento: que elaboran su propio alimento), mediante la fotosíntesis. Aunque en las plantas no todas las células fotosintetizan (por ejemplo las de la raíz no lo hacen), son consideradas como organismos autótrofos porque las moléculas de glucosa fabricadas en sus partes verdes mediante la fotosíntesis pueden proveer de carbono a la totalidad del individuo, mediante el transporte de la glucosa sintetizada. Vale aclarar que los autótrofos también pueden proveerse de carbono por vía orgánica, ya que las plantas son capaces de absorber y utilizar pequeñas moléculas orgánicas simples.

En cambio, en los organismos *heterótrofos* la obtención de carbono se realiza exclusivamente a partir de moléculas orgánicas ya preformadas por otros organismos (hetero: ajeno; trofo: alimento), ninguna de sus células es capaz de utilizar carbono inorgánico para fabricar moléculas orgánicas. Ésta es una de las principales diferencias entre autótrofos y heterótrofos. Por consiguiente, utilizan el carbono de los compuestos orgánicos simples (glucosa, aminoácidos y ácidos grasos, obtenidos a partir de procesos degradativos, como puede ser la digestión de alimentos o la utilización de reservas corporales), para producir estructuras complejas. El proceso consiste en tomar las moléculas simples y unir las formando las macromoléculas que necesitan para su funcionamiento.

Como ya consideramos las fuentes de carbono, veamos ahora el otro proceso metabólico básico, *la obtención de energía*. Como ya hemos visto, en la clasificación de los organismos vivos en distintos reinos, se tiene en cuenta la forma de obtención de energía.

Los organismos heterótrofos obtienen del ATP la energía que utilizan para la síntesis de sus moléculas. Ese ATP es producto de la degradación catabólica, como puede ser la respiración celular (que se realiza siempre en presencia de O₂) o el proceso de fermentación (en ausencia de O₂).

En los organismos autótrofos, la energía que utilizan en la síntesis de sus moléculas puede provenir de dos fuentes: 1) *orgánica*, idéntica a la de los heterótrofos y 2) *inorgánica*, mediante la captación de energía luminosa (en organismos fotosintéticos) o la descomposición de compuestos químicos inorgánicos (organismos no fotosintéticos).

La fermentación es un proceso catabólico donde se degrada la glucosa en ausencia de oxígeno, para obtener energía en forma de ATP. Pero desde el punto de vista energético es menos eficiente que la respiración, y su producto final es el ácido láctico.

Fotosíntesis	Respiración celular
En los cloroplastos de las células vegetales (sólo en organismos autótrofos)	En mitocondrias de células eucariotas animales y vegetales
Energía + CO ₂ + H ₂ O (Sustratos)	Alimento + O ₂ (Sustratos)
Alimentos + O ₂ (Productos)	Energía + CO ₂ + H ₂ O (Productos)
Hidroliza el agua	Forma agua
Libera O ₂	Libera CO ₂
Necesita de la luz	Independiente de la luz
Reacción endergónica (consume energía)	Reacción exergónica (libera energía)

En esta unidad hemos analizado de manera muy general los principales tipos de reacciones metabólicas que ocurren a nivel celular. Éstas y otras reacciones ocurren generalmente en uno de los compartimientos de la célula muy importante como es el citoplasma. Para que se efectúen estas reacciones se precisa la presencia de ciertas organelas características de cada tipo celular.

Te invitamos a continuación a que estudies la Unidad 4 en la cual encontrarás información acerca de cómo se organizan estructuralmente las células, y cómo estas estructuras determinan los distintos tipos celulares.

Referencias bibliográficas

- Aljanati, D.; Wolovelsky, E. y Tambussi, C.** (1997): *Los códigos de la vida. Biología III.* Colihue.
- Blanco, A.** (1993): *Química biológica.* 6ta. ed., Buenos Aires, El Ateneo.
- Curtis, E. y Sue Barnes, N.** (2000): *Biología.* 6ta. ed., en español, España, Editorial Médica Panamericana.
- De Robertis, E. (h); Hib, J. y Ponzio, R.** (2003): *Biología celular y molecular.* 15ta. ed., Buenos Aires, El Ateneo.
- Junqueira, L.C. y Carneiro, J.** (1998): *Biología celular y molecular.* 6ta. ed., Chile, Mc. Graw- Hill Interamericana.
- Lehninger, A.L.** (1998): *Principios de Bioquímica.* Barcelona, Omega.
- Lodish, H.; Berk, A.; Zipursky, S.L.; Matsudaira, P.; Baltimore, D. y Darnell, J.** (2002): *Biología celular y molecular.* 4ta. ed., Editorial Médica Panamericana
- Prociencia-CONICET** (1997): *Biología Celular.* Ministerio de Educación y Cultura.
- Starr, C. y Taggart, R.** (2004): *Biología. La unidad y diversidad de la vida.* 10ma. ed., Thomson.
- Stryer, L.; Berg, J. y Tymoczko, J.** (2003): *Bioquímica.* 5ta. ed., España, Reverté.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
Secretaría Académica
Dirección de Articulación, Ingreso y Permanencia
Año 2015



Biología

Conceptos básicos

Unidad 4. La célula

Ana María Gagneten / Alba Imhof / María del Rocío Marini / Juan Marcelo Zabala
Pablo Tomas / Patricia Amavet / Laura Ravera / Nora Ojea

4.1. La célula y los seres vivos. La Teoría Celular

Cuando uno decide estudiar la estructura y función de los seres vivos tal como se encuentran en la naturaleza lo primero que experimenta es desconcierto debido a su complejidad y riqueza. Se cree que existen actualmente millones de especies que el ser humano no ha descubierto. Sin embargo, cuando estudiamos los diferentes niveles de organización, encontramos características comunes entre seres vivos diferentes.

Nos damos cuenta de que muchos tejidos y órganos son comunes en la rata y en los humanos, o que los componentes químicos de las células en la diversidad de seres vivos son similares.

Actividad

Este es un buen momento para repasar en el capítulo “Introducción a la biología” las características más importantes de los seres vivos y sus niveles de organización.

Como también vimos en la Unidad 2, el 95 % de las células de cualquier ser vivo –por ejemplo de un ser humano, de una planta de maíz o de una bacteria– está constituido principalmente por Oxígeno, Carbono, Hidrógeno y Nitrógeno.

En la Tabla 1 puedes ver además que el tipo y proporción de moléculas presentes en las células de todos los seres vivos son semejantes.

Porcentaje del peso total celular		
Componente	Bacteria - E. coli	Célula de un mamífero
agua	70	70
proteínas	15	18
ARN	6	1,1
ADN	1	0,25
lípidos	2	5
carbohidratos	2	2

Tabla 1. Composición química de la célula de un mamífero y de una célula bacteriana (adaptado de Alberts *et. al.* 2004).

No es raro que a medida que descendemos en el análisis de los niveles de organización nos detengamos en las células, ya que como se vio en la Unidad 1 ésta es el menor nivel de organización que presenta todas las características de los seres vivos.

Cultivos celulares. Las células animales y vegetales se cultivan en frascos especiales de vidrio o plástico, que contienen medio nutritivo líquido o semisólido para que las células crezcan e incluso se dividan dando origen a otras. En la actualidad es una técnica muy difundida y con muchas aplicaciones prácticas. Por ejemplo, la *ingeniería de tejidos* humanos involucra, solamente en Europa, a más de 100 empresas. Éstas se dedican al aislamiento de células, su cultivo y la generación a partir de ellas de tejidos como piel y cartílago con el objetivo de utilizarlos en injertos y trasplantes para regenerar o sustituir tejidos muertos en seres humanos.

Por ejemplo, la célula es la estructura más pequeña de los seres pluricelulares que puede crecer en forma independiente. A partir de su descubrimiento los científicos intentaron aislarlas y cultivarlas. Luego de varios intentos, el primer cultivo celular fuera de un organismo vivo lo realizó R. Harrison en 1905, quien aisló trozos de tejidos del embrión de rana, específicamente la parte del tejido que origina el cerebro y la médula. Las células crecieron durante varios días y se convirtieron en células nerviosas.

¿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.

Un árbol adulto está formado por ¡¡60 billones de células!!, y existen aproximadamente 50 tipos celulares distintos. En animales superiores existen aproximadamente 200 tipos celulares. En estos organismos la célula constituye el menor nivel de estudio considerando todas las características de un ser vivo.

¿Cómo se fueron desarrollando los conocimientos científicos que determinaron el papel fundamental de las células en los seres vivos?

H *Hagamos un poco de historia...*

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

Como has leído en la Unidad 1, 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.

El avance del conocimiento científico permite en algunos casos introducir nuevos postulados en la teoría o modificar los preexistentes.

En particular para el desarrollo de la teoría celular, algunos de los primeros exploradores del mundo microscópico fueron Malpighi (1628-1694), Greew (1641-1712) y Hooke (1635-1703) en el siglo XVII y XVIII, muchos de los cuales construían sus propios microscopios.

Ellos identificaron una especie de celdillas o cámaras en diversos tejidos animales y vegetales. En la misma época Leewenhoek (1632-1723), con un microscopio que él mismo construyó, observó numerosos preparados biológicos (desde agua de estanque hasta el sarro de los dientes) en donde descubrió seres microscópicos a los que denominó animáculos.

Leewenhoek estaba viendo microorganismos como bacterias y protozoos, ¡hasta ese momento desconocidos!

Muchos científicos de esa época coincidían en que las estructuras que observaban con ayuda de los microscopios, eran esenciales para el crecimiento y desarrollo de los seres vivos. Sin embargo, otros como Bichat (1771-1802) y Cuvier (1769-1832) estaban en contra del uso de los mismos ya que, a su criterio, brindaban representaciones distorsionadas de la realidad. Por otro lado, afirmaban que los tejidos eran la unidad estructural y funcional de los seres vivos.

El alcornoque y el origen de la palabra célula. Una mañana de 1666 Robert Hooke decidió realizar un fino corte con su navaja en la corteza de un árbol llamado alcornoque (*Quercus suber*) de la que se extrae el corcho. Al observar con el microscopio vio una estructura porosa compuesta por numerosas "celdillas". Lo que en realidad estaba viendo eran células muertas. La corteza exterior del tronco del alcornoque está compuesta por un tejido denominado súber o corcho formado por células muertas, que solamente han conservado su pared celular. Esto le da la apariencia de celdilla o cámara, de lo que surgió el nombre en latín "cellulae" que luego derivó en el nombre actual "célula" (Figura 1).

Durante el siglo XIX se construyeron mejores microscopios y se desarrollaron nuevas técnicas de coloración de los preparados, lo que permitió realizar observaciones cada vez más precisas de las células. Mediante el uso de colorantes especiales, en 1831, Brown (1773-1858) pudo distinguir en el interior de células de diferentes organismos un punto oscuro, el núcleo (diminutivo de *nux*, nuez).

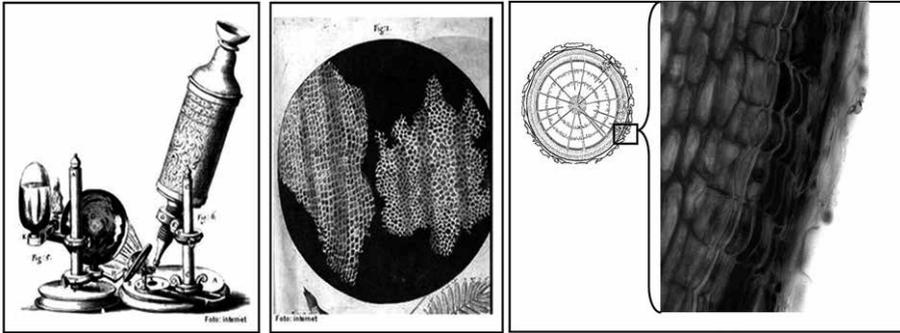


Figura 1. A la izquierda el microscopio utilizado por Hooke para realizar sus observaciones. En el centro un dibujo realizado por el científico de un corte longitudinal de la corteza donde se ven las células muertas del súber. A la derecha una fotografía de un corte transversal de la corteza de un árbol observado con un microscopio compuesto actual. En la zona externa más oscura se observan las células muertas con una pared engrosada que componen el súber o corcho.

(Modificado de <http://botanika.biologija.org/slike/splbot/splbot-plakati-rastlin.html> y <http://sectic.ujaen.es/atlas/talotilo/talotilo100x.htm>).

En 1839 Schwann (1810-1882) –zoólogo– y Schleiden (1804-1881) –botánico– reinterpretaron todos los conocimientos que existían sobre las células y, en base a sus propios estudios desarrollan la Teoría Celular. En ella postulaban que todos los animales y vegetales están compuestos por células.

En palabras de Schwann: “Durante su desarrollo, las células [de cartílago animal] también manifiestan fenómenos análogos a los de los vegetales. La membrana celular, los contenidos celulares, los núcleos en los animales son análogos a las partes que tienen nombre semejante en las plantas”.

Ferdinand Cohn (1828-1898) afirmó que no sólo los animales y vegetales están formados por células sino que los microorganismos tienen estructuras similares a células.

Virchow (1821-1902), en un libro publicado en 1855, basado en experimentos propios y de otros investigadores sobre división celular, propuso que todas las células provienen de otras células. Pasteur (1822-1895) realizó experimentos fundamentales que demuestran que los organismos unicelulares también se generan a partir de otros preexistentes.

Brucke (1819-1892) y Schultz a mediados del siglo XIX, destacan la importancia de los “jugos celulares” en el funcionamiento de los seres vivos. Se confirma que las células no son solamente la unidad estructural sino también funcional de los seres vivos.

Los avances realizados en la Biología molecular desde 1950 en adelante permitieron determinar que todas las células poseen información para su funcionamiento contenida en el ADN, el cual se transmite de una célula a otra en la división celular.

 *Actividad*

Descubre en el texto anterior los cuatro enunciados actuales de la teoría celular y escríbelos en forma de postulados. Será de mucha utilidad la Figura 4.

4.2. Definiciones de célula

En los párrafos anteriores hemos determinado algunas características comunes de las células, por lo que vamos a tratar de relacionar esos conceptos proponiendo diferentes definiciones. Hablamos de más de una definición porque en los libros de texto existen diferentes enunciados que tratan de definir a la célula; algunos son simples y otros más complejos pero todos hacen hincapié en diferentes características celulares. Algunos de ellos son:

- “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”.

 *Actividad*

Relee las diferentes definiciones de célula mencionadas anteriormente. Identifica en cada una de ellas diferentes características celulares.

4.3. Tamaño celular

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 2).

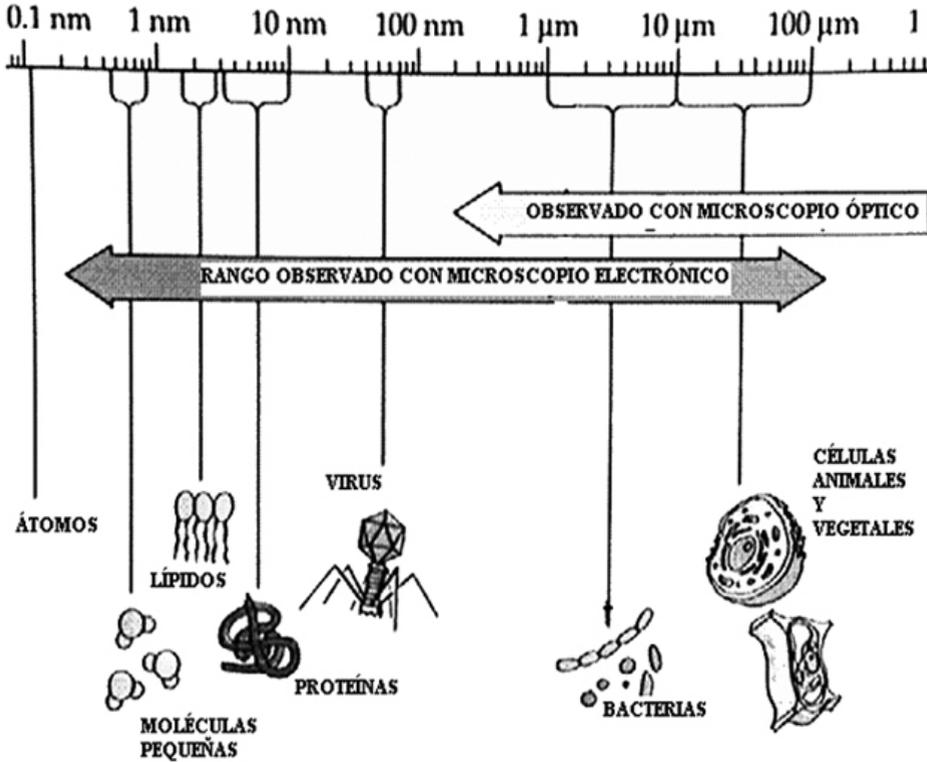


Figura 2. Diferentes tamaños de moléculas, virus y de células de los seres vivos.

La cabeza de un espermatozoide (célula gamética) tiene un diámetro de 5 micrones, y se estima que los espermatozoides necesarios para generar a la humanidad entera cabrían en una cuchara. Por otro lado, existen células mucho más grandes, como el óvulo humano con un diámetro de 0,1 mm o la yema del huevo de un avestruz, con 8 cm de diámetro. Otras excepciones son las prolongaciones de las células nerviosas (neuronas), que llegan hasta un metro.

¿Por qué las células en general son microscópicas (o sea, su tamaño es menor que la resolución del ojo humano)?

¿Por qué en vez de estar formado por 60 billones de células, un árbol adulto no está conformado por pocas células más grandes?

Debe existir alguna ventaja para tener ese tamaño.

Para dar respuestas a estas preguntas debemos pedir el auxilio de la geometría.

Veamos...

Podemos pensar a la célula como un cubo, a medida que el cubo se achica la relación superficie-volumen aumenta. Cabe aclarar que esta misma relación podríamos establecerla también pensando a la célula como una esfera, pero el cubo facilita la interpretación de la relación superficie-volumen.

Analicemos esta relación a nivel celular..

La superficie del cubo representa la membrana de la célula, la cual cumple funciones importantes como la incorporación de alimento celular y la eliminación de desechos. El volumen representa al citoplasma, el lugar donde se realizan todas las funciones metabólicas.

Si el tamaño celular aumenta, el volumen aumenta (Figura 3). O sea que el metabolismo se incrementa, ya que necesitamos mayor cantidad de moléculas para mantener el funcionamiento celular. Esto trae aparejado la necesidad de que entren mayor número de moléculas de alimento del exterior y se excreten mayor número de moléculas de desechos. A pesar de que con células más grandes la superficie celular también aumenta, lo hace en menor medida que el volumen. Una célula de mayor tamaño tiene menor cantidad de membrana para realizar mayor intercambio.

La Figura 3 muestra una representación esquemática y a escala de 8 células de 2 cm de lado y una de 4 cm de lado. Tanto las 8 células de 2 cm como la de 4 cm tienen el mismo volumen, 64 cm^3 . Pero la superficie es de 192 y 96 cm^2 respectivamente. La relación superficie volumen es mayor en el grupo de células más pequeñas.

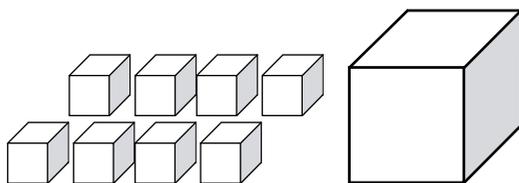


Figura 3. Relación superficie/volumen en un cubo (Adaptado de Curtis et ál., 2000).

Como conclusión podríamos afirmar que:

- las células al ser microscópicas tienen una mayor relación superficie-volumen, por lo que son más eficientes en la incorporación de alimentos y en la eliminación de desechos y,

- la célula al ser microscópica no sólo tiene mayor proporción de membrana sino también menor cantidad de materia viva que mantener y menores distancias internas a recorrer por las moléculas.

S Para saber más...

Las células en los seres vivos poseen características comunes (Figura 4). Por otro lado, todos los aspectos relacionados con el funcionamiento de los seres vivos, por ejemplo las enfermedades, tienen una base celular. Por eso el estudio de la estructura y funcionamiento de las células es la base para la comprensión de fenómenos biológicos comunes y no comunes en los seres vivos.

Un ejemplo interesante es el mecanismo de acción de los antibióticos. Para el tratamiento de enfermedades causadas por microorganismos (por ejemplo neumonía) se utilizan medicamentos denominados antibióticos, que destruyen a los microorganismos de diversas maneras, por ejemplo degradando su membrana celular. Pero los antibióticos son muy específicos, o sea que reconocen la membrana del microorganismo y luego la degradan. De otra manera destruirían también nuestras células.

A continuación veremos que si bien todas las células presentan una membrana celular, existen diferencias de composición química entre diferentes tipos celulares, lo que explica cómo los antibióticos reconocen diferentes tipos de membranas.

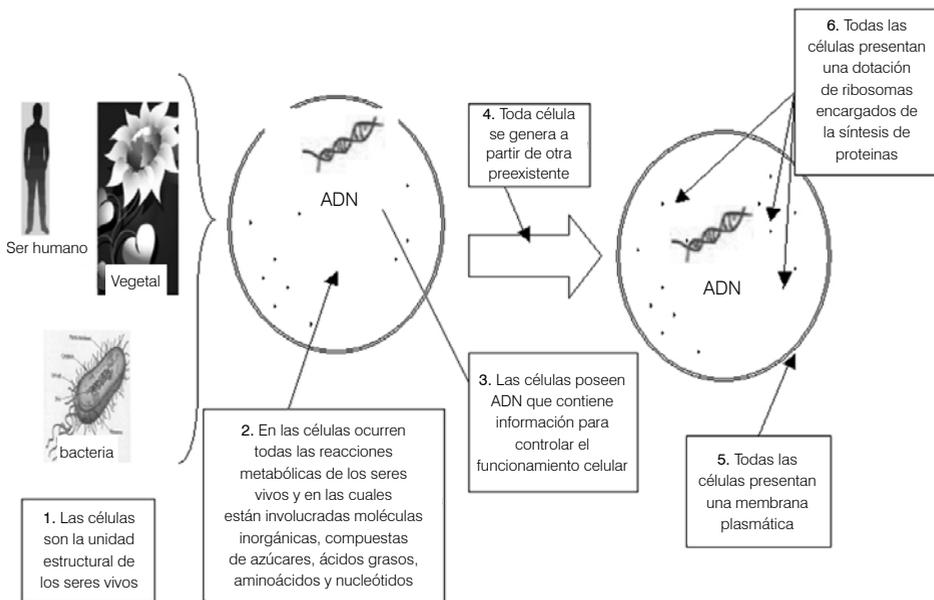


Figura 4. Características comunes de las células en los seres vivos.

4.4. Componentes celulares

Las partes principales de todas las células son la *membrana celular o plasmática*, y el compartimiento que ésta encierra, denominado *citoplasma*, el cual contiene el *materia hereditario* (ADN).

4.4.1. La membrana celular o plasmática

El límite externo que posee la célula es la membrana plasmática. Ésta tiene dos funciones básicas:

- recibir señales provenientes del ambiente o de otras células vecinas. Las células interpretan estas señales de diversas maneras, por ejemplo como un aviso de que debe cambiar su funcionamiento;
- ser barrera selectiva de sustancias, permitiendo concentrar aquellas que necesita la célula para su metabolismo y eliminar los desechos del mismo.

Como hemos visto en la Unidad 2, en todos los seres vivos las membranas se componen de una fina bicapa de lípidos con proteínas incluidas en la misma. Los lípidos más abundantes son los fosfolípidos, mientras que las proteínas de membrana son muy diversas.



Actividad

Relee acerca de los compuestos orgánicos estudiados en la Unidad 2. Ya puedes mencionar cuál es la composición de la membrana plasmática. Efectúa un listado de esos componentes.



Recuperemos y relacionemos conceptos ya aprendidos en la Unidad 2 cuando trabajamos con los fosfolípidos... ¿Por qué fue importante conocer de ellos?

Veamos...

Todos los *lípidos* que forman parte de las membranas tienen una propiedad muy importante. Son moléculas anfipáticas, esto es tienen una parte hidrofóbica (insoluble en agua) y otra hidrofílica (soluble en ésta).

Cuando estas moléculas se colocan en agua se agregan espontáneamente en una bicapa molecular ordenando sus partes hidrofílicas de manera que estén expuestas al agua, mientras que las partes hidrofóbicas se mantienen en contacto entre ellas y alejadas de aquélla (Figura 5).

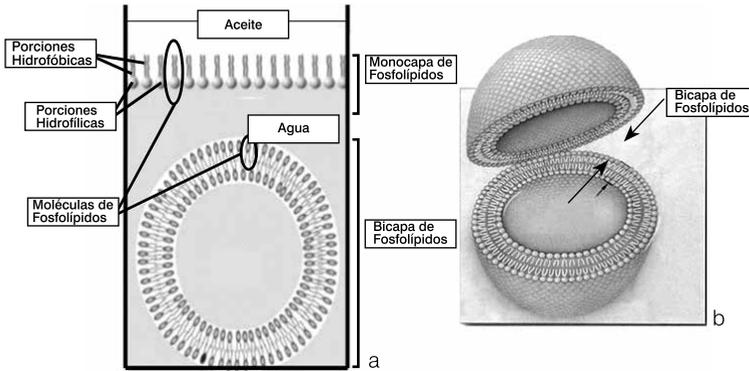


Figura 5. a) formación de membranas por moléculas de fosfolípidos. En un recipiente con agua y aceite, en la interfase aceite-agua se forma una monocapa de fosfolípidos con la porción hidrofóbica dispuesta hacia el aceite. Cuando se sumergen moléculas de fosfolípidos en agua se agregan formando una bicapa; b) modelo tridimensional de una membrana biológica.

La bicapa lipídica, debido a su interior hidrofóbico, es altamente impermeable a moléculas polares grandes (hidrosolubles).

Las moléculas pequeñas (por ejemplo CO_2 y O_2) se desplazan hacia el interior celular a través del fenómeno de *difusión*.

Aclaremos que son moléculas polares grandes ya que las de agua son moléculas polares pequeñas que difunden sin problemas a través de la membrana. Los iones y otras moléculas hidrosolubles de mayor tamaño se mueven a través de la membrana gracias a las proteínas de transporte.

Las *proteínas* de la membrana plasmática representan, en promedio, el 50 % de su masa.

Como ya hemos visto, tienen tres funciones básicas:

- a) receptoras de señales;
- b) enzimas;
- c) proteínas de transporte.

Estas últimas son las más diversas y las encargadas de transportar en forma específica moléculas a través de la membrana. Cada una de ellas se especializa en una molécula o un ión específico, o un grupo de moléculas o iones, de ahí su diversidad. Es importante mencionar que el transporte de sustancias a través de las proteínas puede ser de dos tipos, con o sin gasto de energía.

Si bien en la unidad 2 ya lo mencionamos, es importante retomar el concepto de *Modelo de Mosaico Fluido* cuando hablamos de membranas biológicas:

Se lo denomina *modelo en mosaico* (Ver Figura 6) por la forma en que se disponen los lípidos junto con las proteínas.

Por otro lado, se denomina *fluido* debido a que, a pesar de que la bicapa de lípidos es estable, es una estructura fluida que permite movimientos de sus componentes, fundamentales para el funcionamiento de la membrana.

Pero los fosfolípidos y las proteínas no son los únicos componentes de las membranas. En las membranas de muchos seres vivos existen cantidades importantes de carbohidratos (unidos a lípidos y proteínas) y de otros lípidos como el colesterol o la esfingomielina.

El colesterol, particularmente, es muy abundante.

Su función es favorecer la estabilidad mecánica de la membrana y reducir la permeabilidad a pequeñas moléculas.

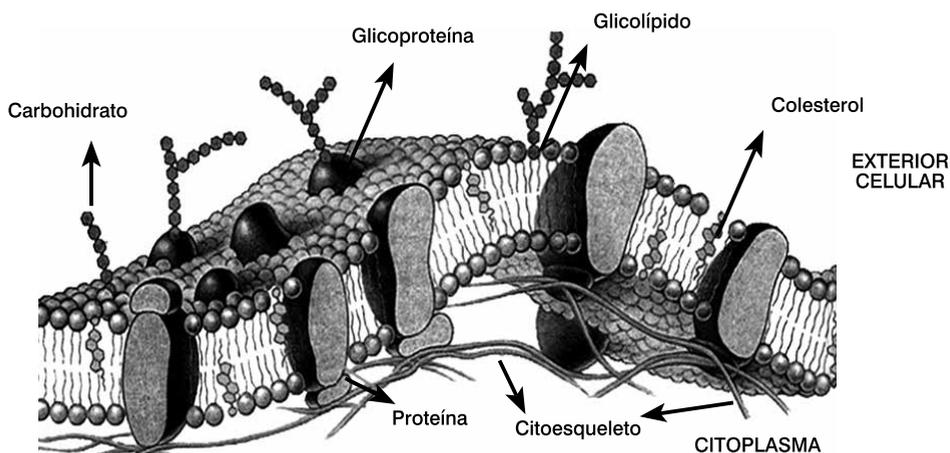


Figura 6. Modelo de mosaico fluido de la membrana plasmática.

4.4.2. El citoplasma

El citoplasma (o matriz citoplasmática) es el compartimiento que se encuentra por dentro de la membrana plasmática. Consiste en una sustancia acuosa en la que se encuentran inmersas diversas moléculas y complejos de macromoléculas, así como diferentes tipos de organelas.

Un complejo de macromoléculas que todas las células poseen son los ribosomas, estructuras formadas por ácido ribonucleico (ARN) y proteínas. El ARN que forma parte de los ribosomas se denomina ARN ribosómico o ARNr. Los ribosomas se encuentran en gran número y son los encargados de realizar la síntesis de las proteínas que

necesita la célula. En el siguiente bloque temático abordaremos en detalle las características del citoplasma y sus componentes en diversos seres vivos.

4.4.3. Material hereditario

El ADN es la molécula que contiene la información esencial para dirigir la vida de la célula.

Actividad

Es conveniente que recuperes la información sobre la composición química del ADN brindada en la Unidad 2: La química de la vida, a los efectos de ir afianzando conceptos centrales.

Proyecto Genoma Humano. Es un proyecto conjunto de laboratorios de varios países con el objetivo de conocer la secuencia exacta de nucleótidos del ADN de los seres humanos y por ende de los genes que contiene. El primer gran logro se publicó en el año 2001 y fue la determinación de la secuencia completa del genoma humano. Éste es el primer paso para encontrar los genes contenidos en él, con el fin último de conocer en detalle toda la información contenida en el ADN.

A la molécula de ADN se la denomina material hereditario y a la información contenida información hereditaria, ya que es transmitida de generación en generación. Como veremos en la próxima unidad, se transmite tanto de célula a célula en el proceso de división celular como de padres a hijos a través de las *gametas*.

Definamos ahora algunos conceptos relacionados con el ADN...

El término *genoma* refiere a toda la información contenida en el ADN de la célula. A la unidad de información se la denomina *gen*, y es un segmento de ADN

con una secuencia particular de nucleótidos. En el ítem “Información hereditaria: ¿información para qué?...” determinaremos para qué utiliza la célula la información contenida en el ADN.

Actividad

La información presente en dos seres vivos es diferente, ya que sus genes son diferentes. La diferencia entre dos genes está dada por la secuencia de nucleótidos que posee.

Revisa la estructura primaria del ADN de la Unidad 2 y determina qué componente de los nucleótidos varía cuando dos secuencias de ADN son distintos ¿los azúcares, las bases o el ácido fosfórico?

4.5. Tipos celulares: célula procariota y eucariota

Como vimos anteriormente el ADN es la molécula que utilizan todas las células para almacenar 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 nucleoide.

Veamos las características estructurales correspondientes al tipo celular procariota:

- *Pared celular*: presentan una cubierta de protección denominada pared celular, que es rígida y está compuesta de un polímero complejo de aminoazúcares (llamado peptidoglucano o mureína).

- *Membrana celular*: poseen una membrana plasmática de estructura semejante a la de las eucariotas pero con diferencias en cuanto al tipo de lípidos y proteínas que forman parte de la misma. Por ejemplo, la membrana de las células procariotas carece de colesterol y posee un mayor porcentaje de fosfolípidos.

- *Citoplasma*: en las células procariotas el citoplasma está formado por el citosol (solución acuosa con iones y moléculas disueltas) y los ribosomas.

- *Material hereditario*: contienen una sola molécula circular de ADN (denominado cromosoma), localizado en el citosol, en una zona denominada zona nuclear o nucleoide, asociado con algunas proteínas que actúan como protección del ADN.

- *ADN extracromosómico*: algunas bacterias también presentan una o varias moléculas de ADN circular de menor tamaño que su cromosoma, denominadas

plásmidos. Contienen información que no es esencial para la vida de la célula; por ejemplo, su información puede codificar proteínas de resistencia a un antibiótico (plásmido R), o proteínas que forman un puente para conjugación con otra bacteria (plásmido F). Los plásmidos son moléculas de ADN muy utilizadas en técnicas de ingeniería genética.

- *Flagelo*: muchos procariotas son móviles y la capacidad para moverse independientemente se debe a una estructura proteica especial denominada flagelo. En mu-

¿La era de las bacterias?

1. Las células procariotas, en comparación con las eucariotas, son mucho más diversas desde el punto de vista bioquímico debido a la enorme cantidad de habitats distintos en donde se encuentra a las bacterias (desde el intestino de un ser humano hasta los afloramientos termales).

2. Los científicos creen que todavía el 99% de las bacterias no ha sido caracterizado, debido a que a muchas de ellas no se las puede hacer crecer en laboratorio con los medios de cultivo convencionales.

chos libros de texto se utiliza el término flagelo solo para las estructuras presentes en las células eucariotas, utilizando en bacterias el término flagelo bacteriano. Son apéndices largos y finos que se encuentran fijos a la célula por uno de sus extremos y libres por el otro extremo. La movilidad permite a la célula alcanzar distintas zonas de su microentorno.

- **Otras estructuras:** algunas bacterias segregan por fuera de la pared polisacáridos que forman una cápsula viscosa. La cápsula sirve por ejemplo como protección contra la desecación. En las bacterias patógenas que poseen cápsula, durante una infección la puede proteger del sistema inmune del organismo.

- **Forma celular:** presentan varias formas, algunas son esféricas (denominada coco) como *Neisseria meningitidis* o *Streptococcus pneumoniae*, causantes de enfermedades; otras tienen formas más alargadas (bacilos) como *Lactobacillus sp.*, bacterias encontradas en productos fermentados como el yogurt, y muy de moda actualmente bajo el nombre de probióticos. Otra bacteria en forma de bacilo es *Escherichia coli*, muy utilizada como especie modelo en estudios sobre bacterias. Otras formas que pueden tener las bacterias son espirilos, espiroquetas, etc. (ver Figura 7).

Cazadores de bacterias. Desde hace varias décadas los científicos han tratado de encontrar bacterias en los lugares más recónditos de la Tierra. Una de ellas, la eubacteria *Thermus aquaticus*, fue encontrada en 1968 por Thomas Brock, de la Universidad de Wisconsin, en fuentes termales del Parque Yellowstone creciendo a temperaturas de 70 °C. Esta bacteria es actualmente utilizada para aislar enzimas que soporten altas temperaturas, una de las cuales (ADN polimerasa) es muy utilizada en biotecnología para el análisis del ADN.

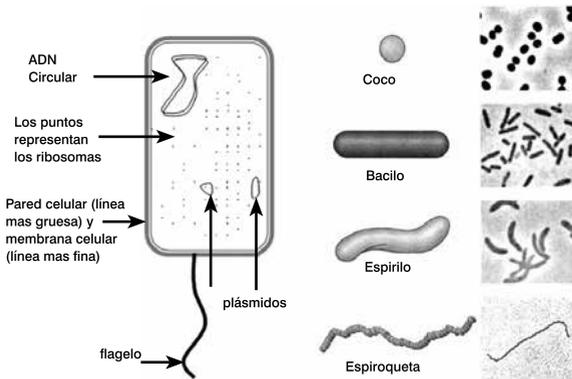


Figura 7. Estructura de una célula procariota (izquierda) y formas de algunas células bacterianas (derecha).

Veamos ahora las células eucariotas...

Las *células eucariotas* (eu: verdadero, carion: núcleo) contienen el ADN separado del resto del citoplasma en un compartimiento membranoso denominado núcleo. La 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 celular*: la estructura típica de una membrana celular se presenta en la Figura 6. La bicapa lipídica posee colesterol, moléculas ausentes en bacterias. También presentan fosfolípidos no presentes en bacterias como la esfingomielina. En el exterior de las membranas celulares de las eucariotas se encuentran carbohidratos. Estos se encuentran en forma de cadenas de oligonucleótidos unidas a proteínas (glucoproteínas) o lípidos (glucolípidos). La capa de carbohidratos que recubre las membranas celulares recibe el nombre de glucocálix. La función del mismo es proteger a los componentes de la membrana de agresiones físicas o químicas.

- *Citoplasma*: en las células eucariotas el citoplasma está formado por un citoesqueleto y una gran diversidad de estructuras subcelulares denominadas organelas. El citoesqueleto está compuesto por proteínas tubulares que se distribuyen a manera de red o telaraña dentro de la célula, lo que le confiere una estructura determinada. También cumple la función en el movimiento de las células y en el anclaje de las organelas. Cada una de las organelas tiene una función particular en la célula. Todas ellas están formadas por membranas

Excepciones a la regla: algunas células de tejidos animales como el hepático o cartilaginoso pueden ser binucleadas (tienen dos núcleos), otras como los glóbulos rojos en el proceso de diferenciación pierden el núcleo.

El ribosoma es la única organela presente en los procariotas y es la que se encuentra en mayor número en las células de los seres vivos. En las células procariotas son de menor tamaño y se encuentran libres en el citoplasma. En las células eucariotas se los encuentra libres o unidos al retículo endoplasmático, en las mitocondrias y los cloroplastos.

semejantes a la plasmática. Para comprender el funcionamiento de una célula eucariota es necesario conocer qué sucede en cada uno de estos compartimentos (ver Tabla 2). Cada orgánulo contiene una dotación particular de enzimas y otras biomoléculas. Por otro lado todas ellas se encuentran interconectadas funcional y estructuralmente (ver el ítem Relación entre los componentes celulares en eucariotas).

Números que asombran

1. La cantidad total de ADN en una célula somática eucariota es entre 8 y 200 veces superior que la de una célula procariota.
2. En forma lineal, la longitud total del ADN de una célula humana sería aproximadamente de 2 metros. Por este motivo el ADN se encuentra muy condensado dentro de las células.

- *Material hereditario:* contienen una o varias moléculas de ADN lineal, también denominados *cromosomas*. El ADN está estrechamente asociadas a proteínas, diferentes a las que se encuentran en procariontes. La mayor parte de estas proteínas se denominan histonas. El complejo de ADN y proteínas histónicas y no histónicas que componen a los cromosomas eucarióticos se denomina cromatina. La cantidad de ADN presente en el núcleo de una célula eucariota es mayor que la presente en una bacteria.

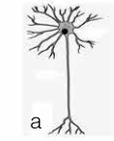
- *ADN extracromosómico:* las células eucariotas poseen ADN extranuclear en dos organelas: las mitocondrias y los cloroplastos. Este ADN contiene información para el funcionamiento de dichas organelas (Figura 9). Estas organelas tienen también sus propios ribosomas semejantes a los de las bacterias.

- *Cilios y flagelos:* algunas células eucariotas presentan movilidad a través de flagelos (de estructura diferente del flagelo bacteriano) o de cilios. Los cilios son estructuras proteicas cortas y delgadas, presentes en gran cantidad en la célula y dispuestos en bandas o hileras. Aparte del movimiento celular participan en el movimiento de sustancias a través de la superficie celular.

- *Otras estructuras:* otros componentes citoplasmáticos típicos de algunas células eucariotas son las vesículas, las cuales cumplen diferentes funciones. Por ejemplo participan en la incorporación de materiales del exterior por un proceso denominado *endocitosis*. Dicho proceso implica la incorporación de material al interior de la célula a través de la formación, en la membrana plasmática, de una vesícula que rodea al material de manera tal que la célula lo pueda incorporar (Figura 10). Un ejemplo de endocitosis es la fagocitosis que realizan los glóbulos blancos, por la cual ingieren y destruyen moléculas extrañas en el organismo.

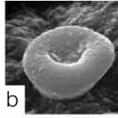
- *Forma celular:* las formas que pueden presentar las células eucariotas son muy variadas y están relacionadas con la función que cumplen. De este modo cada tipo celular tiene una forma característica (Figura 8).

Figura 8. Diferentes formas celulares.

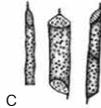


Células animales:

a) neurona.



b) glóbulo rojo.



Células vegetales:

c) células en forma de tubo (traqueidas). Se encuentran apiladas y conducen el agua dentro de la planta.



d) estoma, formado por dos células enfrentadas de forma arriñonada. Por el espacio que queda entre ellas entra el CO_2 y sale el O_2 en la fotosíntesis.



e) *Tripanosoma cruzi*, eucariota unicelular causante del mal de Chagas. En la figura se encuentra en la sangre junto a glóbulos rojos. Modificado de Curtis *et al.*, 2000; <http://www.biologia.edu.ar/> y [http://www.iabc.cz/](http://www.iabc.cz;)).

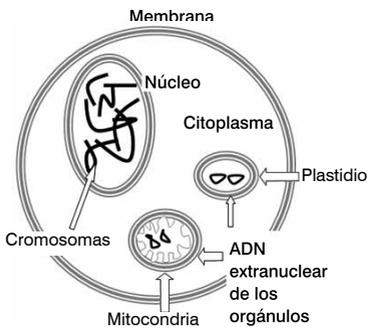


Figura 9. ADN en eucariotas (Modificado de http://www.uc.cl/sw_educ/biologia/bio100/html/portadaMlval2.5.3.html).

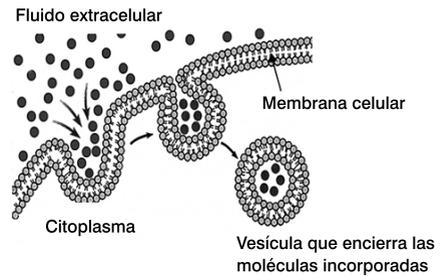


Figura 10. Proceso de endocitosis (Modificado de http://www.uc.cl/sw_educ/biologia/bio100/html/portadaMlval2.5.3.html).

 **Actividad**

Indaga qué tipo de células (eucariota o procariota) presentan los siguientes microorganismos:

- a) *Trypanosoma 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 meibomiaie*, causante de la roya de la soja, una enfermedad muy importante de este cultivo en la actualidad.

En la Tabla 2, se resumen las principales características de organelas y componentes celulares presentes en todas las células eucariotas.

Veamos cuáles son.

Organelas y otros elementos citoplasmáticos	Estructura	Función
Membrana celular	Bicapa lipídica que contiene colesterol, fosfolípidos tales como la esfingomiolina, y carbohidratos en su parte exterior.	Recibe señales del ambiente externo y es una barrera selectiva de sustancias.
Citoesqueleto	Estructura interna de las células en forma de red compuesta de proteínas filamentosas.	Mantenimiento de la configuración de la célula, fija sus organelas e interviene en la movilidad celular.
Retículo endoplasmático (R.E.)	Sistema extenso de membranas internas que divide el citoplasma en compartimientos y canales. Una parte del mismo está asociado a ribosomas, y se lo denomina RE rugoso. A la otra parte se la denomina RE liso.	En el RE liso se sintetizan lípidos. En el RE rugoso se sintetizan las proteínas. Ambos transportan moléculas dentro de la célula.
Ribosomas	Estructuras no membranosas que se encuentran libres en el citoplasma o unidos al RE rugoso. También se encuentran en las mitocondrias y en cloroplastos de células vegetales.	En ellos se ensamblan aminoácidos para formar proteínas.
Mitocondria	Organelas con doble membrana, la interna muy plegada. Ocupan gran parte del volumen celular interno (aproximadamente el 20%). Contienen ADN y ribosomas. La membrana externa posee proteínas de transporte y en la interna se encuentran proteínas de transporte y todas las enzimas involucradas en la respiración celular.	Respiración celular. Proceso por el cual se produce la energía para el funcionamiento celular a través de la oxidación de los alimentos (Ver Capítulo 3, Metabolismo celular).
Aparato de Golgi	Sacos aplanados rodeados de una membrana simple, que se disponen como "pilas de platos", y que están relacionados entre sí a través de vesículas.	Modificación, clasificación y empaquetamiento de las proteínas destinadas a diferentes lugares, al exterior de la célula o a diferentes compartimientos de la misma.
Lisosomas y Peroxisomas	Orgánulos membranosos (vesículas) que contienen enzimas digestivas.	Degradan orgánulos muertos o macromoléculas y partículas captadas del exterior por endocitosis.
Núcleo	Estructura generalmente redondeada, rodeada por una membrana doble y con poros.	Almacenamiento del material genético.

Organelas y otros elementos citoplasmáticos	Estructura	Función
Nucleolo	Región densa y pequeña, visible en el núcleo de las células eucarióticas que no están en división. Formado por moléculas de ARN ribosómico, proteínas ribosómicas y bucles de ADN.	Transcripción de ARN ribosómico (Ver ítem Información genética ¿Información para qué?)
ADN	Compuesto por ADN asociado a proteínas histónicas y no histónicas. Esta asociación se llama cromatina. Cuando la célula está en proceso de división la cromatina se condensa y forma cromosomas.	Contiene toda la información genética para el funcionamiento de la célula.

Tabla 2. Componentes celulares. Se presentan los componentes y orgánulos celulares con su estructura y función.

4.5.1. Las células eucariotas también se diferencian según sean animales o vegetales

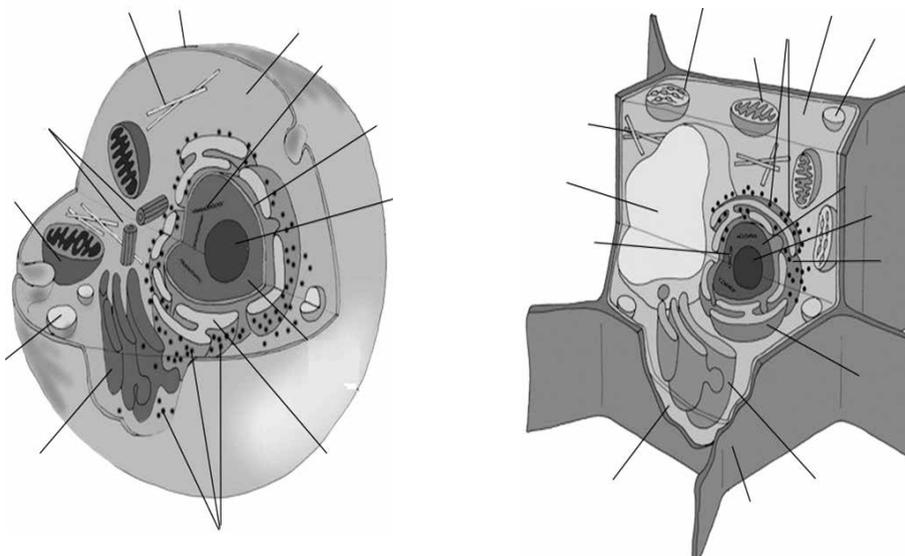


Figura 11. Célula eucariota animal y vegetal.

Actividad

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

Las principales diferencias en estos dos tipos celulares están relacionadas con componentes particulares de cada tipo celular (Figura 11). Éstos son:

- *pared celular*: presente en vegetales, descrita en el punto anterior;

Las vacuolas. Muchas de estas sustancias acumuladas en las vacuolas son recolectadas por los seres humanos para su uso. Por ejemplo, alcaloides (para utilizarlos en medicamentos), el caucho y los aceites esenciales para la fabricación de perfumes.

- *vacuolas:* son típicas de los vegetales. Son vesículas grandes delimitadas por membranas y llenas de fluidos. En general ocupan un gran porcentaje del volumen celular, llegando en algunos tipos celulares como por ejemplo las células meristemáticas al 90 % (contienen muchas vacuolas, pero pequeñas). Almacenan sustancias y participan de la

regulación de la turgencia celular. Una adecuada turgencia celular implica un nivel interno de H₂O adecuado, evitando de esta manera que las plantas sufran estrés por sequía (o sea evitando que se “marchiten”);

- *plastidios:* son estructuras presentes en las células vegetales, limitadas por una membrana doble. Los plastidios acumulan diferentes sustancias y producen diferentes reacciones metabólicas. Todos se generan a partir de las mismas estructuras, los proplastidios, y se diferencian luego en tres tipos básicos: *cromoplastos* (acumulan pigmentos), *leucoplastos* (acumulan almidón, proteínas o lípidos) y *cloroplastos*. Estos últimos son organelas en las cuales se produce el fenómeno de la fotosíntesis. La membrana interna de los cloroplastos está muy plegada y contiene proteínas necesarias para la fotosíntesis. Contienen clorofila, un pigmento que capta la energía solar y que es responsable del color verde en los vegetales (ver Capítulo 3, Metabolismo celular). En algunos libros de texto se presentan como un tipo de cromoplasto, pero debido a la función especial llevada a cabo por los mismos es conveniente tratarlos como un tipo diferente de plastidio. Se encuentran principalmente en células de las hojas. En ellas son muy numerosos (entre 20 y 40 por célula), ocupando aproximadamente el 15 % del volumen celular;

- *centríolos:* son orgánulos exclusivos de las células animales, compuestos por microtúbulos de proteínas. Su función es organizar las fibras del huso acromático en la división celular;

- *plasmodesmos y uniones nexos:* una diferencia importante es la forma en que se comunican las células. A menudo, dentro de un tejido se comprimen fuertemente permitiendo contactos íntimos y directos. Entre las células vegetales, que están separadas unas de otras por paredes celulares, hay canales llamados plasmodesmos, que atraviesan las paredes y conectan directamente los citoplasmas de células contiguas. Los plasmodesmos contienen generalmente extensiones tubulares del retículo endoplásmico. En los tejidos animales, las estructuras que unen las células se denominan uniones nexus y permiten el pasaje de sustancias entre las células. Estas uniones aparecen como enjambres fijos de canales muy pequeños rodeados por una formación ordenada de proteínas.

R Resumiendo...

En las células, si bien se mantiene un patrón básico de estructura, existen diferentes organelas que están relacionados con la función particular de cada tipo celular. Dentro de cada organela su estructura (forma, componentes internos, etc.) está relacionada con la función que cumple dentro de la célula.

 Actividad

Analiza la Tabla N° 2 que describe los componentes celulares de las células eucariotas. Agrega otra columna y describe qué elementos están presentes o ausentes en la célula procariota. Toma como referencia las Figuras 7 y 11.

4.5.2. ¿Un nuevo tipo celular?... las arqueobacterias

Gracias a los avances de la biología molecular los científicos descubrieron numerosos seres vivos antes catalogados como bacterias, con características estructurales y funcionales que hacían imposible clasificarlos como tales. Se las denominó arqueobacterias o arqueas. De este modo las células procariotas pueden ser de dos tipos distintos: las de las bacterias verdaderas o eubacterias, y las de las arqueas.

Si bien la célula de una arqueobacteria es procariota posee características tan particulares que a partir de su descubrimiento se dividió a los seres vivos en los tres dominios actuales, dos con células procariotas (Bacterias y Arqueas) y uno con células eucariotas (Eucaria).

La principal diferencia entre ellos es la composición de los ribosomas, más precisamente de uno de sus componentes. Hemos hablado de estas organelas en párrafos anteriores. Uno de sus componentes es el ARN, denominado ARNr o ribosómico y ha mostrado ser una molécula muy útil para diferenciar los tres dominios. Cada uno de ellos tiene células con distintos ARNr, con diferente cantidad y secuencia de ribonucleótidos. La cantidad y secuencia de ribonucleótidos se mantiene constante en las células de todos los organismos dentro de cada dominio, por este motivo es tan útil para diferenciar a los organismos. Estas diferencias son detectadas por técnicas especiales de biología molecular, no disponibles antes de la década de 1970.

Pyrolobus fumarii es una arqueobacteria que fue encontrada creciendo en afloramientos termales submarinos a 110 °C, y en estudios de laboratorio se comprobó que detiene su crecimiento cuando la temperatura es menor a 90 °C, demasiado frío para ella.

Otras características de las células en las arqueobacterias son:

- *Pared celular*: las paredes celulares no poseen moléculas como el ácido murámico (presente en las bacterias).
- *Membrana celular*: la composición de la membrana celular es diferente. Mientras que en los lípidos de las membranas en las bacterias la unión de los ácidos grasos con el glicerol se realiza por uniones diésteres, en las membranas de las arqueas la unión es de tipo éter.
- *Metabolismo*: el metabolismo relacionado con la obtención de energía es similar al de las eubacterias, pero la maquinaria relacionada con la síntesis de proteínas es semejante a la de las células eucariotas. Las diferencias en la síntesis de proteínas entre procariontes y eucariotas en este libro no serán desarrolladas. En el ítem “Información hereditaria, ¿información para qué?” solamente se brindará un esquema general de la síntesis de proteínas a nivel celular.
- *Habitat*: las arqueobacterias que se encontraron hasta el momento habitan ambientes extremos (pantanos, salinas, afloramientos termales). La primera arqueobacteria fue encontrada en 1970 por Tomas Brock y la denominó *Sulfolobus*. Desde hace millones de años estuvieron allí, pero solamente con las nuevas técnicas de biología molecular fue posible identificarlas.

4.6. Información hereditaria: ¿información para qué?

Luego de haber definido genoma y de describir cómo se encuentra distribuido el ADN en las células, es necesario determinar qué tipo de información contiene el ADN y por qué es tan importante para la vida de la célula.

En primer término debemos reconocer la importancia de las proteínas. Son las moléculas más importantes desde el punto de vista estructural y funcional, como se analizó en la Unidad 2. Tan importantes son para la célula que las organelas responsables de su síntesis son las más abundantes dentro de la misma.

Una célula animal contiene 10 mil millones de moléculas de proteínas, de unos 10.000-20.000 tipos diferentes.



Actividad

Recupera los conceptos relacionados con la estructura y función de las proteínas.

¿Por qué comenzamos el punto 4.6 con las proteínas?

Porque la información contenida en el material hereditario se utiliza para determinar qué proteínas se sintetizarán en los ribosomas.

¿Cómo se encuentra la información en el ADN?

La información está determinada por una secuencia de nucleótidos denominada gen. Esa secuencia es interpretada por la célula como un lenguaje en forma de código, denominado código genético. La secuencia de ADN surge de la unión sin restricción alguna de nucleótidos. La diferencia entre secuencias está dada por las bases nucleotídicas (ADENINA, TIMINA, CITOSINA, GUANINA), ya que el grupo fosfato y la desoxirribosa son componentes comunes. Las bases nucleotídicas son las letras del código genético y la secuencia de un gen es la frase que luego de ser codificada da origen a una proteína.

Las bacterias y arqueas contienen entre 1.000 y 4.000 genes, mientras que las células eucariotas contienen de 7.000 a 30.000 genes. La diferencia se explica por la mayor complejidad de las células eucariotas, las que requieren mayor diversidad y cantidad de proteínas.

¿Cómo se lee el código genético?

En primer término la lectura del código genético requiere el paso a través de un intermediario, una molécula de ácido ribonucleico denominado ARN mensajero (ARNm). Ésta se traslada del núcleo al citoplasma, adonde lleva la información a los ribosomas, para que estos la traduzcan y generen diferentes proteínas. El proceso por el cual se genera el ARNm se denomina transcripción (Figura 13). Es un proceso enzimático, por el cual se sintetiza una molécula de ARN usando como molde una de las cadenas del gen.

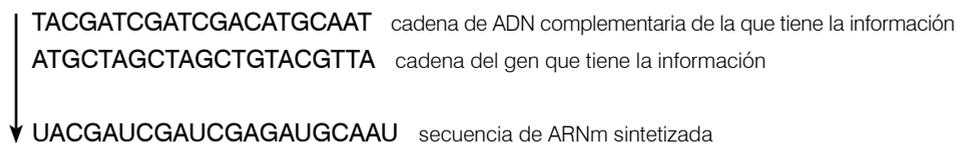


Figura 12. Transcripción del ADN. La síntesis, no podía ser de otra manera, es realizada por una enzima (ARN polimerasa) que, a partir de cierto punto en el gen, va colocando los nucleótidos complementarios de la cadena de ADN para formar una cadena de ARN. Cuando encuentra una adenina (A) agrega un uracilo (U) o cuando encuentra una timina (T) agrega una adenina (A). Una vez sintetizada, toda la molécula de ARNm se desprende y se dirige al ribosoma.

 **Actividad**

Es necesario que recuperes lo estudiado en la Unidad 2 para responder:

- ¿cómo es la estructura básica de las proteínas?;
- ¿qué nucleótidos forman parte del ADN y ARN?;
- ¿a qué se refiere el concepto de complementariedad entre bases?

? Para reflexionar

¿Cómo con una secuencia de sólo cuatro nucleótidos se determinan de los 20 aminoácidos posibles que formarán parte de las proteínas?

La solución que encontraron las formas de vida existentes es fascinante. En el código genético se emplean combinaciones de tres nucleótidos, denominados codones.

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

Código Genético

1- Phe, fenilalanina. 2- Leu, leucina. 3- Ile, isoleucina.
4- Met, metionina 5- Val, valina. 6- Ser, serina. 7- Pro, prolina. 8- Thr, treonina. 9- Ala, alanina. 10- Tyr, tirosina.
11- Stop, codones de paro. 12- His, histidina. 13- Gln, glutamina. 14- Asn, asparagina. 15- Lys, lisina. 16- Asp, ácido aspártico. 17- Glu, ácido glutámico. 18- Cys, cisteína. 19- Trp, triptofano. 20- Arg, arginina. 21- Gly, glicina.

Figura 13. El código genético.

Como vemos en la Figura 13, dos o más codones codifican para un mismo aminoácido. Por ejemplo GCU codifica sólo para alanina, pero GCC, GCA y GCG también codifican para alanina. Pero un codón también puede codificar sólo para un determinado aminoácido.

Como en el metabolismo nada está librado al azar existen algunos codones que no codifican para ningún aminoácido (denominados *codones de paro* o *stop*) y que se utilizan como señal para que la maquinaria de síntesis peptídica finalice el proceso. El código genético se presenta siempre utilizando las bases componentes del ARNm.

¿Cómo se realiza la síntesis de proteínas?

Cuando el ARNm se reúne con el ribosoma, este último lo va recorriendo leyendo los tripletes de bases y uniendo los aminoácidos correspondientes, los que se van ensamblando a medida que el ribosoma recorre el ARNm. El proceso por el cual se decodifica el mensaje contenido en el ARN se denomina traducción (Figuras 14 y 15).

AUG-CAC-AAA-AUA-CCA-CCA-UAA segmento de una cadena de ARNm

Met His Lys Ile Pro Pro señal cadena de 6 aminoácidos codificada de paro

Figura 14. Traducción del ARNm. Los encargados de transportar los aminoácidos hasta el ribosoma son un tipo particular de ARN, denominados transferente o ARNt. Éstos enganchan en uno de los extremos de la molécula los aminoácidos y los transportan al ribosoma. Existe un tipo especial de ARNt para cada aminoácido

Un aspecto importante a tener en cuenta es que tanto los ARN transferentes como el ribosómico son sintetizados a partir de información contenida en genes. Estos genes se transcriben, pero no se traducen. El ARNr se sintetiza en el nucleolo (ver Tabla 2).

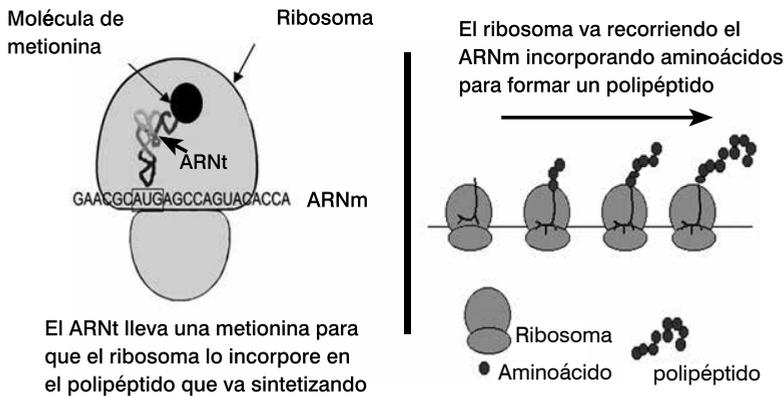


Figura 15. Esquema de la traducción de una cadena de ARNm (modificado de: http://recursos.enice.mec.es/biosfera/profesor/galeria_imagenes/recursos_galeria2.htm)

Alteraciones del material hereditario: el ADN mutante

En el lenguaje coloquial el término mutante es sinónimo de degeneración, monstruosidad o poderes sobrenaturales (por ej. los dibujos animados X-men). Sin embargo, la mutación es el principal proceso que determina la variabilidad de las formas de vida existentes en el planeta.

La mutación es una alteración en la secuencia del ADN de un organismo. A nivel de un nucleótido el cambio se puede dar por sustitución (cambio de un nucleótido por otro), adición o delección (eliminación) de nucleótidos. También puede haber pérdidas o adición de grandes segmentos de ADN.

De este modo se puede afectar la información contenida en el ADN. Básicamente puede eliminarla (no se sintetiza más la proteína codificada por un gen que mutó) o cambiarla (la proteína que se sintetiza es distinta).

En función de lo desarrollado hasta aquí podemos redefinir lo que es un gen...

Un gen es un fragmento de ADN, con una secuencia particular y que lleva información para la síntesis de un polipéptido o para la síntesis de ARNt y ARNr. Los polipéptidos formarán las proteínas que cada tipo celular necesita y los ARN formarán parte de la maquinaria de síntesis de los polipéptidos.

Las mutaciones en el ADN pueden originar variaciones en la información hereditaria. En la evolución de los organismos se han acumulado millones de variaciones en dicha información, muchas de ellas perjudiciales y otras beneficiosas. Las mutaciones acumuladas permitieron originar la diversidad de seres vivos presentes en nuestro planeta. Es hora de que veamos a los mutantes con otros ojos, ya que vemos uno cada mañana cuando miramos al espejo.

Con respecto a las relaciones intracelulares podemos pensar a la célula eucariota como una fábrica donde la división del trabajo es fundamental para el funcionamiento celular. Cuando analizamos el funcionamiento de cada orgánulo celular debemos tener en cuenta la relación con los demás componentes celulares.

Relaciones entre los componentes celulares en eucariotas

La definición sobre célula como sistema nos ayuda a comprender que existe una estrecha relación entre todos los componentes celulares. Un ejemplo lo constituye la relación que existe entre el núcleo, el retículo endoplasmático y el aparato o complejo de Golgi (Figura 16).

Podríamos resumirla de la siguiente manera:

1. En el núcleo se encuentra la central de información celular, que indica qué proteínas es necesario sintetizar.

2. A través del ARNm se transmite la información del ADN a los ribosomas. Las proteínas pueden ser sintetizadas en ribosomas libres en el citoplasma o en aquellos asociados con el retículo endoplasmático (por esta razón en la Figura 16 el retículo se encuentra asociado con la membrana del núcleo). En este último caso, luego de que las proteínas son sintetizadas se dirigen al complejo de Golgi. Del mismo modo, los lípidos sintetizados en el retículo endoplasmático liso se dirigen a este orgánulo. Tanto las proteínas como los lípidos, antes de ser exportados del retículo son encapsulados en vesículas. Se denomina vesícula a cualquier compartimiento endoplasmático membranoso que transporta moléculas dentro de la célula (ver Figura 16).

3. Las vesículas provenientes del retículo endoplasmático descargan las moléculas de proteínas y lípidos en el complejo de Golgi. Aquí éstas son clasificadas y en la mayoría de los casos modificadas para que luego puedan cumplir sus funciones específicas correctamente.

4. Luego son reempaquetadas en vesículas que las transportan a su destino final: otras organelas o a la membrana plasmática. Las proteínas y lípidos que se dirigen a la membrana plasmática son de dos tipos: los que forman parte de la misma y los que

deben ser exportados fuera de la célula. El mecanismo por el cual salen de la célula es inverso a la endocitosis (ver Figura 16) y se denomina exocitosis.

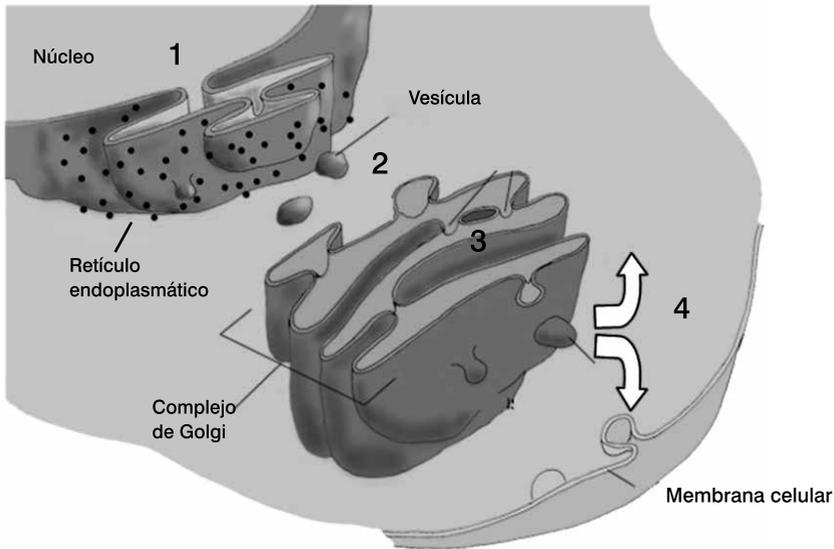


Figura 16. Relaciones intracelulares. (1) Luego de la transcripción, el ARNm se dirige a los ribosomas para que se sinteticen las proteínas. (2) Las proteínas sintetizadas en el RE rugoso, como los lípidos sintetizados en el RE liso, son encapsuladas en vesículas y se dirigen al complejo de Golgi. (3) En el complejo de Golgi las proteínas y los lípidos son modificados y reencapsulados. (4) Las vesículas originadas pueden dirigirse a la membrana celular u otros destinos intracelulares.

Referencias bibliográficas

- Alberts, B.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts K. y P. Walter: *Biología molecular de la célula*. 4ta. ed., Omega, 1463 p.
- Curtis H.; Barnes, N.S.; Schnek, A. y G. Flores (2000): *Biología*. 6ta. ed., Editorial Médica Panamericana, 1491 p.
- De Robertis E. D. P. (H); Hib, J. y R. Poncio (2003): *Biología celular y molecular*, El Ateneo, 469 p.
- Doorn, P. y Gómez, S.M: "Didáctica especial I (Biólogos)." Teoría Celular <http://www.fcen.uba.ar/carreras/cefiec/depb/plani4.htm>
- Radl, E.M. (1988): *Historia de las teorías biológicas. Tomos I y II*. Alianza Universidad.
- Raisman J.S. y A.M. González: "Hipertextos en el área de Biología." <http://www.biologia.edu.ar/index.html>
- Strickberger, M.W. (1993): *Evolución*. Omega, 573 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
Secretaría Académica
Dirección de Articulación, Ingreso y Permanencia
Año 2015



Biología

Conceptos básicos

Unidad 5. La continuidad de la vida y la proliferación celular

Ana María Gagneten / Alba Imhof / María del Rocío Marini / Juan Marcelo Zabala
Pablo Tomas / Patricia Amavet / Laura Ravera / Nora Ojea

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 del presente texto 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.

5.1. El ciclo celular

Basándonos en la teoría celular, sabemos que la vida se genera a partir de vida preexistente. Extendiendo esta afirmación a la unidad básica de la vida, podemos decir que toda célula se origina a partir de otra célula. Los eventos que conducen a esa multiplicación celular pueden considerarse como "etapas de un ciclo", ya que podemos presentarlos 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 incluyendo la proliferación celular.

La descripción del proceso gira en torno del estado y organización del ADN, es decir, de la información genética. El ciclo celular suele dividirse para su estudio en cinco etapas: G_1 , S , G_2 , *División celular* y *Citocinesis* (Figura 1). Durante las tres primeras etapas, la célula se encuentra en un estado de reposo divisional denominado *interfase*, presentando las siguientes características:

- En G_1 , la célula aumenta su tamaño (casi duplicándolo), al mismo tiempo que se sintetizan compuestos necesarios para la replicación del ADN. La denominación G proviene de la palabra inglesa "gap", que significa vacío, hueco o brecha, respondiendo 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 aptitud para dividirse. Si ese umbral es superado, al darse las condiciones adecuadas se desencadenan irreversiblemente 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 S (del inglés "synthesis") es donde ocurre la síntesis y replicación del material hereditario contenido en el núcleo, es decir, el ADN.
- En G_2 se activan todos los procesos y se sintetizan los compuestos necesarios para que, a continuación, se desencadene la división celular.

Las restantes etapas del ciclo celular son:

En las dos últimas etapas del ciclo, la morfología celular cambia y se puede observar al microscopio la separación del material hereditario y la formación de las dos células hijas.

- *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 al de la célula original, mientras que en la división meiótica se originan cuatro núcleos con la mitad de ADN que los núcleos producto de la mitosis;
- *Citocinesis:* la reorganización de la membrana celular entre los núcleos hijos generados produce un fraccionamiento del citoplasma y separa definitivamente las nuevas células.

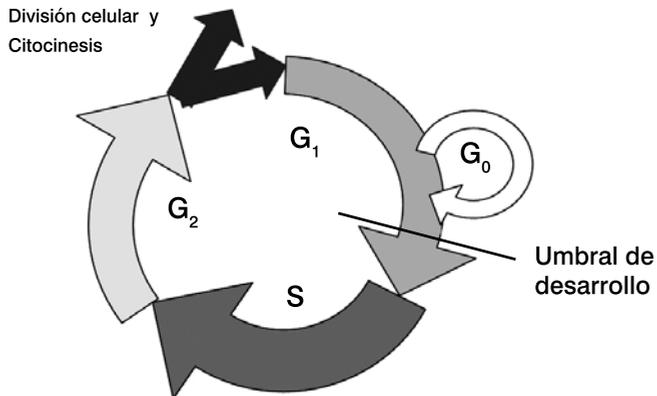


Figura 1. Representación de las etapas del ciclo celular en función del estado del material hereditario. Partiendo de G_1 , la célula supera el umbral y se obliga a completar el ciclo. Se desencadena la síntesis del ADN (S), luego se prepara para dividirse (G_2) y origina dos células hijas (división celular mitótica y citocinesis), las cuales pueden retomar el ciclo en forma independiente. El ciclo puede detenerse si la célula se especializa (G_0). Si la división es meiótica, las células hijas no pueden volver a entrar en el ciclo (Modificado de <http://botanika.biologija.org/slike/splbot-plakati-rastlin.html> y <http://sectic.uajen.es/atlas/talotilo/talotilo100x.htm>).

Consignas

- Repasar las etapas del ciclo celular, su importancia y los principales eventos que en ellas ocurren.
- Interpretar a la división celular como parte de un ciclo.



Actividad

Relaciona con flechas los siguientes términos (cada palabra de la izquierda se relaciona con dos palabras de la derecha).

Etapa G_1	Síntesis de ADN
	Umbral de desarrollo
Etapa S	Mitosis
	División del citoplasma
Cariocinesis	Meiosis
	Duplicación de tamaño celular
División celular	Dos células hijas
	Duplicación del material hereditario

Existen factores internos y externos a la célula que condicionan la continuidad del ciclo celular. Algunos de ellos son comentados a continuación:

- 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.

- Cuando la célula se especializa pasa de estado G_1 a un estado denominado G_0 , 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.

La duración del ciclo celular varía entre distintos organismos. Por ejemplo, una bacteria puede completar su ciclo celular en cuestión de horas, mientras que a un animal superior puede llevarle días. Esto se debe a la diferencia de complejidad entre organismos y a la cantidad de ADN a duplicar.

Consignas

- Resaltar la influencia del medio externo en el desarrollo celular.
- Situar la ocurrencia de la proliferación celular dentro del contexto de un organismo complejo.

Actividad

Responde las siguientes preguntas y reflexiona al respecto.

- *¿Cuán importante es que se produzca la duplicación del material hereditario? ¿Cuál es la finalidad de ese proceso?*
- *¿En qué etapa del ciclo se encuentran la mayoría de las células de un organismo pluricelular? ¿Qué relación crees puede haber entre la cantidad de células capaces de dividirse y la edad del organismo?*

Cuando observamos al microscopio los cromosomas mitóticos podemos apreciar su clásica forma de X. Esto se debe a que, como previamente se ha duplicado el ADN, cada cromosoma ahora tiene dos moléculas de ADN (cromátidas), unidas entre sí por el centrómero (Figura 2).

5.2. Distribución del ADN en la replicación celular

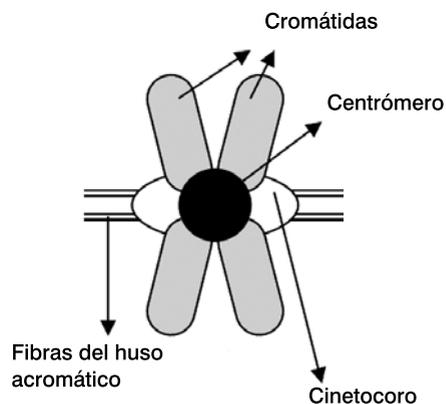
Si bien al finalizar la etapa G_2 ya existen 2 copias del ADN dentro de la célula, las mismas no se separan hasta concluir la división celular mitótica y la citocinesis. Veamos cómo ocurren ambos procesos.

5.2.1. Mitosis

La división mitótica genera, a partir de una célula madre, dos células hijas idénticas entre sí e idénticas a la célula que les dio origen.

En células *Eucariotas* el material hereditario se halla organizado en largas moléculas denominadas cromosomas dentro del núcleo celular. Durante la Interfase, ese ADN se encuentra *descondensado*, es decir que está poco enrollado y ocupando todo el inte-

Figura 2. Esquema de cromosoma mitótico y sus partes. Se observa el cinetocoro, estructura proteica que se forma alrededor del centrómero y permite el anclaje del huso acromático durante la división celular.



rior 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.

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 fases (Figura 3):

1. **Profase:** se produce gradualmente la condensación de los cromosomas y desaparecen la membrana nuclear y el nucleolo, quedando los cromosomas libres en el citoplasma. Desde ambos polos de la división se organiza el *huso acromático*, constituido por moléculas proteicas en forma de fibras o filamentos, que se insertan en el *cinetocoro* de cada cromosoma (Figura 2).

Las células animales poseen dos corpúsculos asociados al núcleo denominados *centríolos*. Durante la Profase mitótica se separan y migran a extremos opuestos (polos) de la célula mientras se duplican, determinando el plano de división. Desde ellos irradiará el *huso acromático*. Las células vegetales no tienen centriolos, por lo que el huso acromático se organiza directamente desde los polos.

2. **Metafase:** los cromosomas se alinean en un mismo plano localizado en el centro de la célula, denominado placa ecuatorial. Esta particular disposición se debe al movimiento que imprimen las fibras del huso sobre los centrómeros de los cromosomas, ubicándolos equidistantes entre los polos de división. En ese momento el grado de condensación del ADN es máximo.

3. **Anafase:** se divide el centrómero permitiendo la separación de las cromátidas hermanas, las cuales migran hacia polos opuestos debido a la tracción ejercida por el huso acromático al reducir su longitud.

4. **Telofase:** al llegar a los polos celulares, el ADN comienza a descondensarse y se restablece la membrana nuclear en torno a los cromosomas. Se produce así la *cariorinesis* o división nuclear.

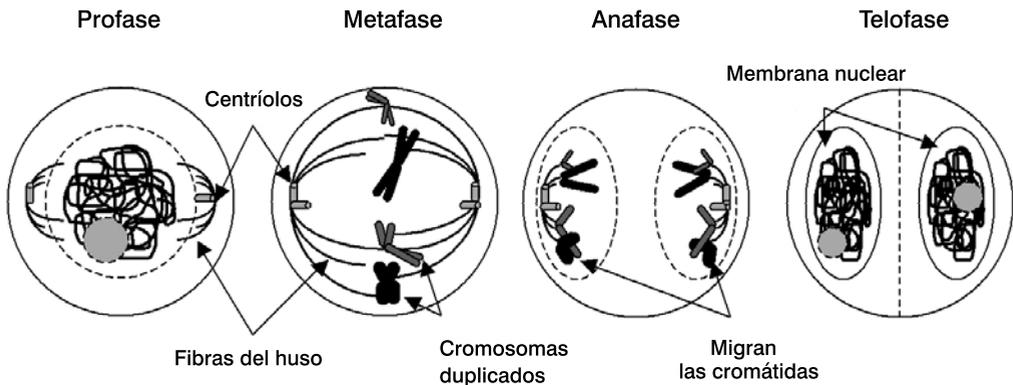


Figura 3. Esquema de mitosis: se representan las cuatro etapas con sus estructuras.

Consignas

- Repasar las etapas de la división celular y sus principales características a tener en cuenta en cada una de ellas.
 - Relacionar la replicación del ADN y la forma en que se distribuye en la mitosis.
-

Actividad

1. Repasa los siguientes conceptos: *interfase, mitosis, cromosoma, huso acromático, placa ecuatorial, polo celular, cromátidas hermanas.*
 2. Analizando los esquemas de la división mitótica presentados en la Figura 3, indica: ¿Con cuántos cromosomas inicia la célula la división? ¿Con cuántos contará cada célula hija?
-

5.2.2. 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 de ambas células hijas. En las células animales este proceso ocurre 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 celulosa (originan nueva pared) y vesículas (originan nueva membrana) donde se situaba la placa ecuatorial, formando un tabique que separa a ambas células hijas.

Dentro de la siguiente página web en castellano: <http://www.biologia.edu.ar/animaciones/index.htm> se pueden encontrar varias *animaciones de mitosis y meiosis*.

Usando cualquier buscador de Internet se accede en la web a gran cantidad de imágenes y animaciones sobre este tema.

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.

5.3. Relación de la mitosis con la proliferación celular

La proliferación celular en los organismos pluricelulares está involucrada en el proceso de crecimiento en tamaño, a través de la acumulación de sucesivas generaciones de células. En algunos casos 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.

La división mitótica descontrolada y continua de un linaje celular es lo que provoca la aparición de tumores. Éstos son masas de células indiferenciadas y en activa multiplicación. Su proliferación afecta al organismo por su acción invasiva, por el consumo de recursos y además porque sus productos celulares alteran el delicado equilibrio del organismo en su conjunto.

5.3.1. Crecimiento y desarrollo

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.

En los animales, los distintos tejidos varían en el tiempo en cuanto a su tasa de división celular. Por eso vemos que las proporciones corporales varían durante el crecimiento y el desarrollo, y también según las condiciones nutricionales y ambientales. Una forma de esquematizar esa variación es mediante el trazado de “*ondas de crecimiento*”, líneas que representan la dirección y el orden de ocurrencia del incremento en el tamaño corporal (Figura 4).

Los diferentes tejidos varían en su capacidad y frecuencia de división celular. Por ejemplo, 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

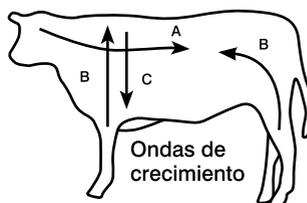


Figura 4. Las flechas indican la dirección del crecimiento. Las letras de cada flecha indican el orden en que se producen esas ondas de crecimiento.

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, 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.

Consignas

- Asociar situaciones de la vida cotidiana a los cambios en la tasa de crecimiento y desarrollo de diferentes organismos.
 - Relacionar la complejidad de organismos pluricelulares en función de la ocurrencia de la división celular y su implicancia sobre el individuo.
-



Actividad

- Observa las diferencias entre las proporciones corporales de los seres humanos a diferentes edades. ¿Cuáles puedes identificar?
-

Por otro lado, en los vegetales el crecimiento se produce por la proliferación celular en puntos de crecimiento denominados meristemos. Además, se trata de organismos

El crecimiento animal está dado por aumento de tamaño de su estructura.

Los vegetales, además de crecer en tamaño, producen nuevos órganos, los que se acumulan a modo de ladrillos en una pared.

modulares: su soma se constituye de repeticiones de una unidad estructural denominada "fitómero". Cada fitómero está conformado de una yema, un nudo, un entrenudo y una hoja. Este conjunto se repite a lo largo de todo el organismo, variando en su forma según su función.

Los tipos de crecimiento que se produce a partir de meristemos vegetales se denominan crecimiento primario y secundario (Figura 5). El crecimiento primario es responsable de la aparición de nuevos órganos como así también del crecimiento en tamaño de los mismos durante su primer año de vida. Por ejemplo, las yemas son el tipo de meristemo primario más conocido. En especies perennes, a partir del segun-

do año de vida la división mitótica se produce además en un tejido intercalar llamado “*cambium*” que genera un crecimiento secundario. Un ejemplo de ello es la formación de los anillos en los troncos de los árboles.

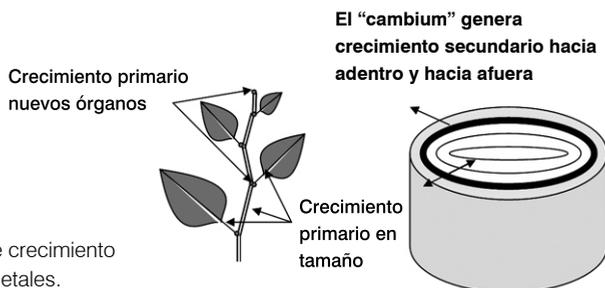


Figura 5. Puntos de crecimiento en organismos vegetales.

5.3.2. Reproducción asexual

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 fitómeros que se independizan del organismo de origen. Esto es posible dado que cada fitómero tiene un meristemo a partir del cual continuar produciendo nuevos fitómeros. 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.

Consignas

-
- Comparar la forma de crecimiento entre diferentes organismos.
 - Asociar la capacidad de los vegetales de reproducirse asexualmente con la estructura modular de dichos organismos.
-

Actividad

-
- ¿Conoces algunas formas de propagación vegetativa de vegetales? Enuméralos y describe la forma en que se genera un nuevo individuo.
 - Reflexiona acerca de las diferencias entre organismos modulares y de estructura única. ¿Cada módulo es un organismo potencial? ¿Cómo se asocian para dar lugar al organismo completo?

5.4. La distribución del ADN en la reproducción sexual: meiosis

En los organismos con reproducción sexual, además de la mitosis ocurre un tipo de división celular denominado *meiosis*. En esta última, a partir de una célula madre se originan cuatro células hijas, cada una con la mitad de contenido genético que la célula de la cual provienen. 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 y cada célula hija resultante se denomina gameto (célula reproductiva).

5.4.1. ¿Cuál es la finalidad de la meiosis?

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

Sabemos que en la etapa S del ciclo celular previa a la meiosis se produjo una duplicación del material hereditario. Así, cada cromosoma está compuesto por dos cromátidas hermanas idénticas. Además sabemos que individuos normales portan dos juegos de cromosomas, uno proveniente de la madre y el otro del padre, es decir que la información genética básica necesaria para un individuo normal se encuentra duplicada. Por consiguiente en cada individuo existen dos cromosomas duplicados de cada tipo al inicio de la meiosis.

Esos cromosomas del mismo tipo son denominados "homólogos" debido a que a) ambos llevan información genética equivalente y b) se atraen entre sí por su similitud. Al inicio de la meiosis los cromosomas homólogos se aparean entre sí en toda su longitud y así cada par es considerado por la célula como una unidad, denominada "bivalente".

5.4.2. ¿Cómo se generan células con la mitad del contenido de ADN?

En una primera instancia el huso acromático formado durante la división meiótica se inserta en ambos centrómeros del bivalente y al traccionar hacia los polos produce la separación de los cromosomas homólogos. Cada polo queda entonces con un cromosoma homólogo de cada par, manteniendo el balance de la información genética y reduciendo a la mitad el número de cromosomas de la célula. Por eso a esta división se la denomina *reduccional*. Por ejemplo, un individuo con 10 cromosomas presentará al inicio de la meiosis 5 bivalentes y luego de la división reduccional cada polo tendrá cinco cromosomas (la mitad que la célula original).

En una segunda instancia, los cromosomas duplicados que llegaron a cada polo se alinean en una nueva placa ecuatorial unidos al huso por sus centrómeros y al traccio-

nar hacia los polos se separan las cromátidas hermanas. A esa división se la denomina “ecuacional”.

Se puede considerar entonces a la división meiótica como la suma de la *meiosis I* (*reduccional*) y la *meiosis II* (*ecuacional*) (Figura 6).

Analizaremos rápidamente las etapas correspondientes a cada una y los eventos propios que las caracterizan:

- *Profase I*: en esta etapa se produce gradualmente la condensación de los cromosomas, el apareamiento y el intercambio de información genética entre homólogos, denominada recombinación. En función de la apariencia del ADN se pueden diferenciar 5 estados:

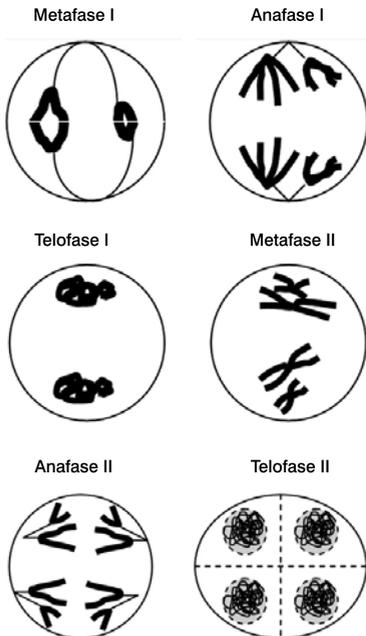
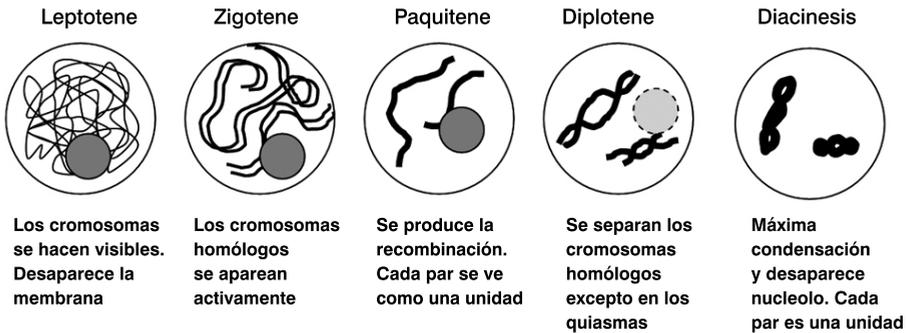


Figura 6: Principales etapas de la meiosis.

- *Metafase I*: los bivalentes se ubican en la placa ecuatorial por el huso acromático, el cual comienza a traccionar hacia los polos. Esto les confiere una morfología característica donde cada cromosoma queda con su centrómero orientado hacia un polo y unido a su homólogo por los quiasmas.

- *Anafase I*: los cromosomas homólogos se separan, migrando hacia los polos traccionados por las fibras del huso. Se pueden apreciar las cromátidas hermanas ahora sólo unidas por el centrómero. A cada polo llega un cromosoma de cada par, produciendo la reducción del número de cromosomas.

- *Telofase I:* se produce una leve descondensación del ADN sin formación de membrana nuclear. Esta etapa puede estar ausente en algunos organismos.
- *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.

5.4.3. ¿Cómo se generan nuevas variantes genéticas en los gametos?

Sin lugar a dudas, 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, en el estadio de Paquitene, 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 (Figura 7). 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”.

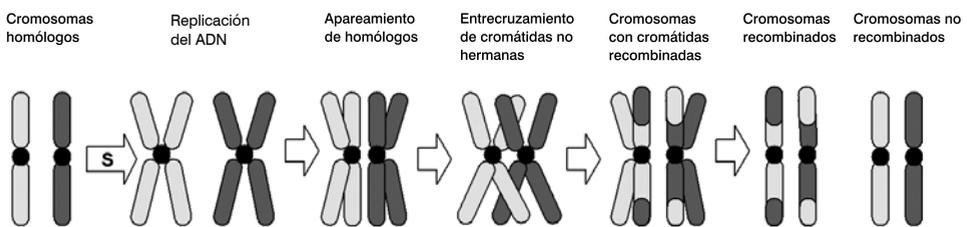


Figura 7: Generación de variantes cromosómicas a nivel génico por recombinación meiótica.

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 (Figura 8).

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 2^{23} , o sea ¡alrededor de 8,4 millones de gametos diferentes!

La segregación cromosómica aleatoria se asemeja a repartir cartas (que equivalen a los cromosomas) de sólo dos palos entre dos jugadores. Si sobre una mesa ubicamos juntas boca abajo las cartas del mismo número y luego de mezclar cada par repartimos al azar una a cada jugador imitaremos lo que ocurre en la división reduccional. Al observar cuál recibió de cada palo cada jugador y repetir el proceso numerosas veces obtendremos resultados diferentes y veremos la cantidad de combinaciones posibles que se generan.

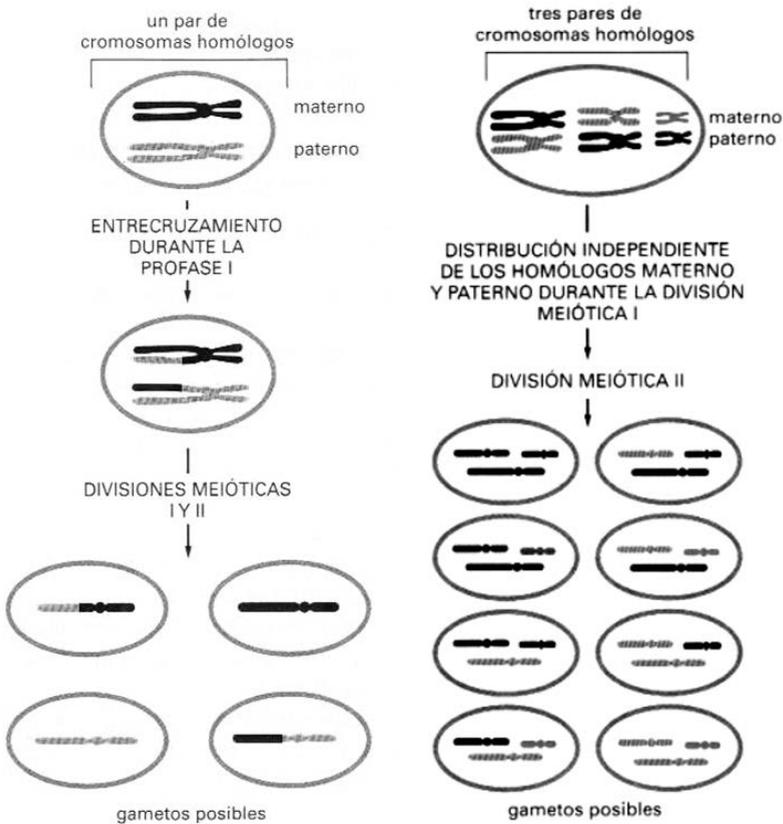


Figura 8. Esquema de generación de variabilidad en meiosis, mediante entrecruzamiento (nivel génico) y migración independiente (nivel cromosómico) de los cromosomas (gráficos tomados de Alberts et ál., 2004).

Si consideramos la ocurrencia simultánea de recombinación y migración independiente son eventos simultáneos, podemos ver que la cantidad de variantes producidas durante la meiosis es increíblemente alta.

Consigna

- Reflexionar acerca de la capacidad de los organismos de generar nuevas variantes génicas mediante la reproducción sexual.
-

Actividad

- Haga un cálculo de variantes que genera la reproducción sexual: existe una mosca que posee seis cromosomas. Cada uno de ellos tiene un punto donde se produce recombinación entre homólogos en la profase meiótica. De este modo, de las cuatro cromátidas homólogas en metafase I, dos son combinadas y dos recombinadas. Responda a las siguientes preguntas:

- ¿Cuántas clases de gametos diferentes puede producir un individuo de esta especie si en cada bivalente ocurre dicha recombinación en el punto mencionado?
 - ¿Cuántos cruzamientos diferentes se pueden producir entonces a partir del cruzamiento de dos individuos de esta especie?
-

5.4.4. Relación entre la meiosis y la variabilidad de los organismos

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. Si observamos con 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.

Consignas

- Analizar ejemplos acerca de la variabilidad existente en organismos de reproducción sexual.
-



Actividad

Reflexiona acerca de las siguientes preguntas:

- ¿Por qué un individuo puede ser parecido a su padre mientras su hermano es más parecido a su madre?
 - Si se genera tanta variabilidad en los gametos, ¿por qué los individuos emparentados son más parecidos entre sí que respecto a otras familias?
-

Referencias bibliográficas

Alberts, B.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts, K. y P. Walter (2004): *Biología molecular de la célula*. 4º ed., Omega, Barcelona, 1551 p.

Curtis, H. y N.S. Barnes (2000): *Biología*. 6º ed. Editorial Médica Panamericana, Madrid, 1558 p.

De Robertis, E.M.F. (h); Hib, J. y R. Ponzio, (1998): *Biología celular y molecular de E.D.P. De Robertis*. 12º ed., El Ateneo, Buenos Aires, 469 p.

Dobzhansky, T.; Ayala F.J.; Stebbins, G.L. y J.W. Valentine (1980): *Evolución*. Omega, Barcelona, 558 p.