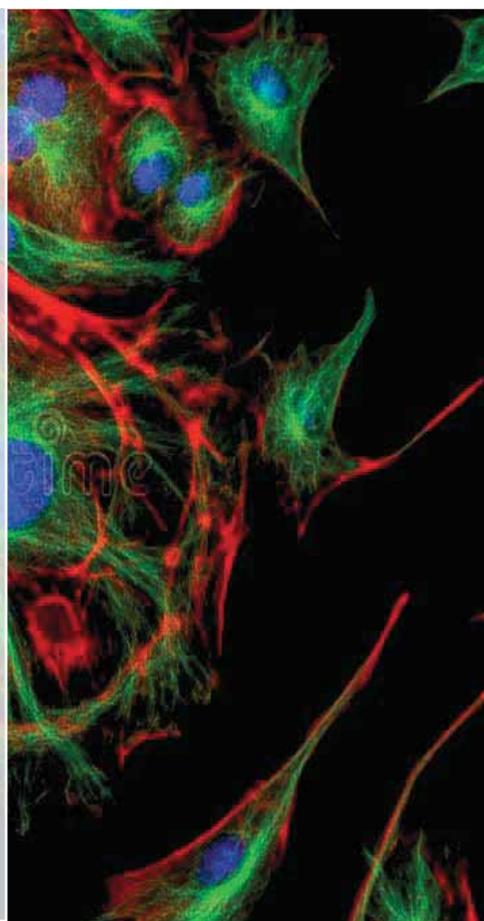


Bases de Química y Biología

Licenciatura en Kinesiología y Fisiología
Licenciatura en Enfermería

2020



Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Nacional de San Luis



Dra. Sandra E Gomez Mejiba
Dr. Dario Ramirez

Bases de Química y Biología

Lic. En Kinesiología y Fisiatría
Lic. en Enfermería

Profesores responsables:
Dra. Sandra E. Gomez Mejiba
Dr. Dario C. Ramirez

Facultad de Ciencias de La Salud
UNSL

2020

PROGRAMA

Unidad 1: La biología y los niveles de organización biológica

La importancia de la investigación y experimentación en Biología. El método científico. Los seres vivos como sistemas complejos. Características de los seres vivos. Taxonomía: reinos monera, protista, fungi, planta, animalae. Árboles moleculares. Los niveles de organización biológica: célula - tejido - órgano - sistema de órganos - individuo - población - comunidad – ecosistema.

Unidad 2: La química de la vida

Elementos y compuestos inorgánicos de importancia biológica. La química del carbono y grupos funcionales: importancia biológica. Formación de moléculas: tipos de enlaces químicos débiles y fuertes: Las interacciones hidrofóbicas, los enlaces puentes de hidrógeno, los enlaces iónicos, las fuerzas de van der Waals, enlaces covalentes. Moléculas inorgánicas: El agua: La estructura molecular del agua e importancia del agua en biología. Moléculas orgánicas y macromoléculas. Hidratos de carbono, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos: Estructura y función.

Unidad 3: Estructura y función celular

La célula y los seres vivos. La Teoría Celular. Tipos celulares: célula procariota y eucariota. Componentes celulares: las organelas y estructuras macromoleculares: Estructura y función. Relaciones entre los componentes celulares en eucariotas. Concepto de metabolismo celular: anabolismo y catabolismo. Ejemplo e importancia biológica.

Unidad 4: Ciclo y división celular

El núcleo interfásico: eucromatina y heterocromatina. Los cromosomas y concepto de gen. Cariotipo y El ciclo celular. Mitosis y meiosis. Etapas y principales acontecimientos. Rol biológico y diferencias fundamentales. Dotación cromosómica: diploide y haploide. La meiosis como fuente de variabilidad en los organismos de la especie. Conceptos básicos de herencia. Nociones de flujo y regulación de la expresión génica y su rol en diversidad de tejidos originados a partir del cigoto. Diversidad de función de tejidos y órganos originados a partir de la diferenciación celular.

Unidad 5: Aspectos relevantes de la química.

Definiciones utilizadas en química. La masa y el peso. Energía. Propiedades físicas, químicas y organolépticas. Estado físico y cambio físico. Cambios químicos y cambios físicos. Estados de agregación de la materia. Sistemas materiales: homogéneos y heterogéneos. Reacciones exotérmica y endotérmica.

Unidad 6: Átomos y elementos

Los átomos: Estructura del átomo. Los electrones. El núcleo: Protones y neutrones. La tabla periódica de los elementos. Grupos y períodos. Metales y no metales. La masa de los átomos. Número atómico (Z) y número másico (A). Isótopos, Isóbaros e isótonos. Formación de iones (aniones y cationes): noción de electronegatividad y electropositividad. Noción de formulación y nomenclatura de sustancias inorgánicas. Concepto de número de oxidación. Ácidos, bases y sales. Nociones de reacciones y ecuaciones químicas. Reactivos y productos.

Unidad 1. Introducción a la Biología

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 alguna de las carreras relacionadas con la medicina y tienes a la Biología y a la Química 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 y razonar correctamente o cómo podríamos decir, científicamente coherente.

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. 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. La *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

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).

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*.

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.

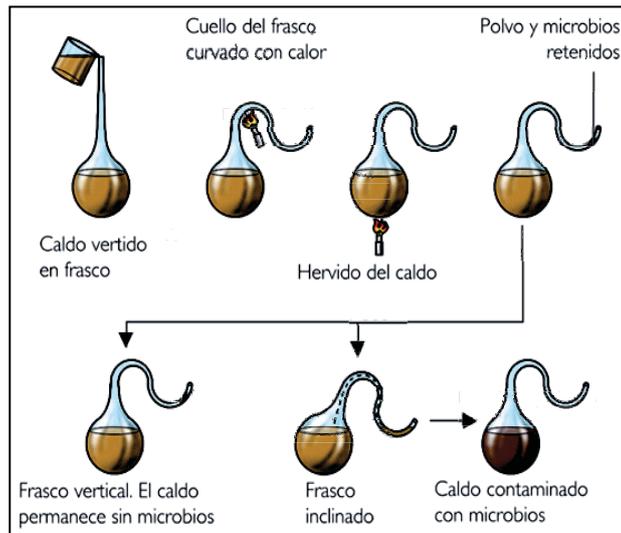
d) Analizar los datos obtenidos para su adecuada *interpretación*. A partir de la interpretación de los datos así obtenidos, se podrá *validar* o *rechazar* la hipótesis formulada.

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 levaduras). 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.

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

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).

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

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*.

Para reflexionar...

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 ponemos como ejemplo de sistema cerrado a la Tierra. ¿y Uds que opinión con respecto a esto?

Si tenemos 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. Trataremos de comprender la complejidad de un organismo vivo.

1.3. ¿Qué es un organismo vivo?

Un organismo vivo es, básicamente, material fisicoquímico 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 fisicoquímico, el organizativo y el funcional.

1.3.1. Características de los seres vivos

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

El alto grado de complejidad de los seres vivos, la necesidad de realizar trabajo (crecer, desplazarse, reproducirse, por citar unos pocos ejemplos) requiere el suministro constante de alimentos, que son átomos y moléculas que adquieren del aire, del agua, del suelo, o de otros seres vivos. Relacionado con su forma de alimentación, tradicionalmente clasificamos a los organismos en *autótrofos* y *heterótrofos*. Los *autótrofos* son aquellos capaces de elaborar sustancias orgánicas (por ejemplo glucosa, almidón) a partir de sustancias inorgánicas (por ejemplo agua, dióxido de carbono y sales) mediante complejos mecanismos metabólicos. Así, elaboran todas las moléculas necesarias para formar su estructura, crecer y reproducirse. La fuente de energía que utilizan en estos procesos puede variar: se

denominan organismos fotótrofos a aquellos capaces de utilizar energía luminosa (plantas, algas y algunas bacterias) y quimiótrofos a los que utilizan energía química (ej. bacterias nitrificantes). Los *heterótrofos*, en cambio, necesitan de materiales inorgánicos y orgánicos ya elaborados por otros seres vivos (la mayoría de las bacterias, protozoos, hongos y animales). En los heterótrofos, luego de complejos procesos de degradación y simplificación del alimento, algunos átomos y moléculas pasan a formar parte del organismo y son utilizados en su crecimiento y reparación de tejidos, así como para obtener energía que utilizan para desarrollar todas sus funciones vitales.

La suma de todas las reacciones químicas necesarias para mantener la vida se llama *metabolismo*, 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, 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) *homeostasis*.

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.

Reflexionemos

“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 preexistentes 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.

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.

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.

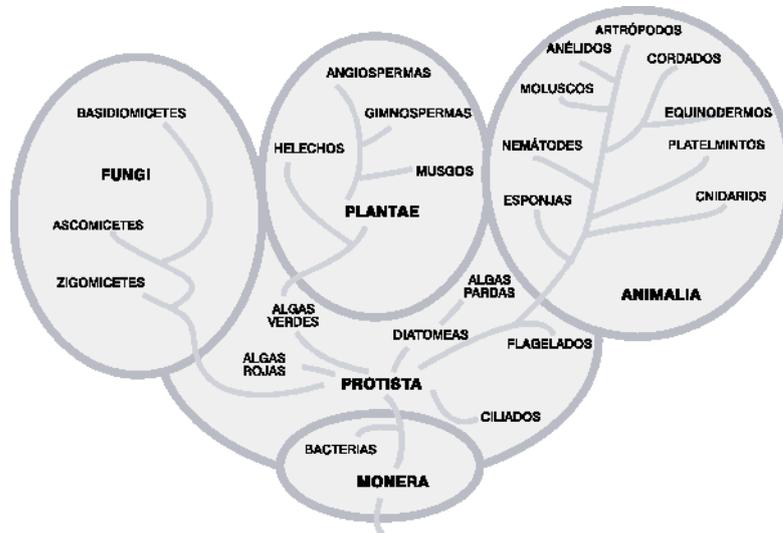


Figura 1. Árbol filogenético tradicional, basado en el sistema de cinco reinos (modificado de Spivak, 2006).

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.

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).

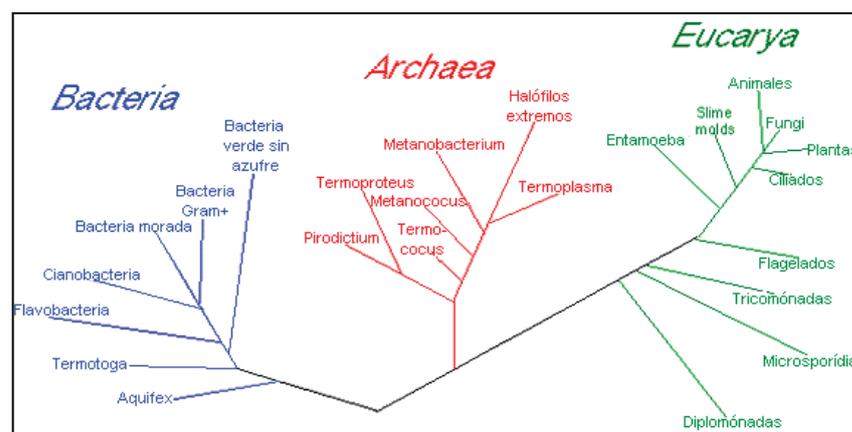


Figura 2. Árbol filogenético basado en tres grandes dominios: Bacterias,

Archaea y Eucarya.

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 la 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 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.

Sistema de Clasificación con 5 reinos (1969)	Sistema de Clasificación con 6 reinos (1977)	Sistema de Clasificación de 3 dominios (1990)
Animal	Animal	Eukarya
Planta	Planta	
Hongo	Hongo	
Protista	Protista	
Monera	Eubacteria	Bacteria
	Archaeobacteria	Archaea

Figura 3. Cuadro comparativo de los sistemas de clasificación biológica, desde 1.969 hasta 1990.

La clasificación de los seres vivos al igual que su historia a ya que al principio se tenía en cuenta los caracteres morfológicos y fisiológicos y en la actualidad se agregan los aportes de la Genética y en el caso de las archibacterias y cobra importancia la Biología molecular.

Hay que abordar el estudio de la vida desde los aspectos moleculares y

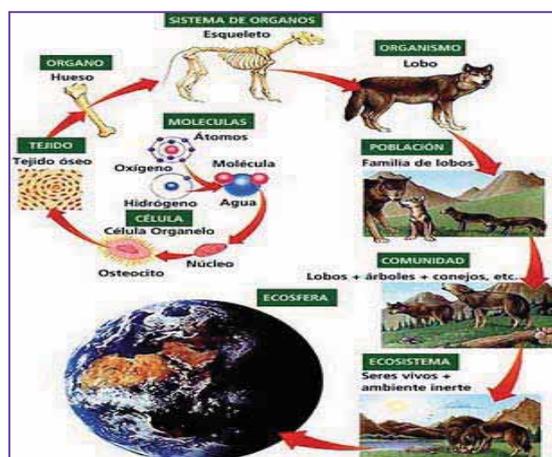
macromoleculares para intentar llegar a entender la gran complejidad de los procesos biológicos.

Pero existe a su vez 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).

En Biología tiene la tarea de clasificar y ordenar los organismos, hace algunas décadas se sabía de la existencia de alrededor de dos millones de especies y 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.

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.

Figura 4. Los niveles de organización biológica.

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

- *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. Eje: 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.

Reflexionemos

Relee el concepto biológico de especie que aparece en el recuadro 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).

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

• *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. (Ricklefs, 1996). 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

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.

número de individuos de cada una de ellas.

• **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 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.

Por ejemplo:

- Ecosistemas naturales: una laguna, un arrecife de coral o un bosque.
- Ecosistemas artificiales, es decir, contruidos 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.

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).

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*. 2° 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*. 5° 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*. 4° ed., Panamericana, 692 p.
 - Sistema - wikipedia.com, la enciclopedia libre.
 - htm/walt@intelligent_systems.com.ar. <http://www.iesam.csic.es>
-

Unidad 2. La química de la vida

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 y a pesar de ello, observamos una inmensa y sorprendente diversidad la cual podemos observar a nuestro alrededor, incluyéndonos a nosotros mismos, También presentamos una gran uniformidad, ya 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).*

Recordemos que.

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

A estos elementos podemos clasificarlos teniendo en cuenta la concentración relativa en los seres vivos en:

- a. *macroelementos* o constituyentes principales, 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
- b. *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

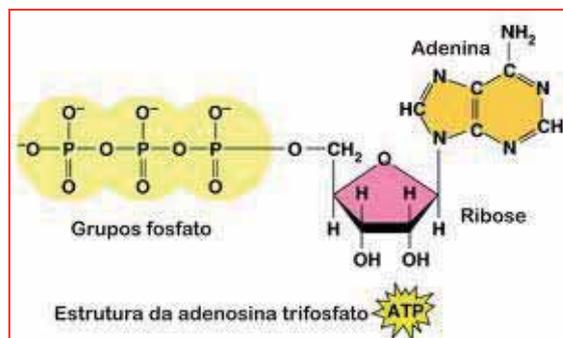
ubicamos: fósforo (P), azufre (S), sodio (Na), potasio (K), cloro (Cl), calcio (Ca) y magnesio (Mg).

c. *elementos traza*. 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 se combinan entre sí para formar moléculas. Estas combinaciones se producen a través de enlaces químicos.

La fuerza de un enlace químico esta dado por energía que se necesita para

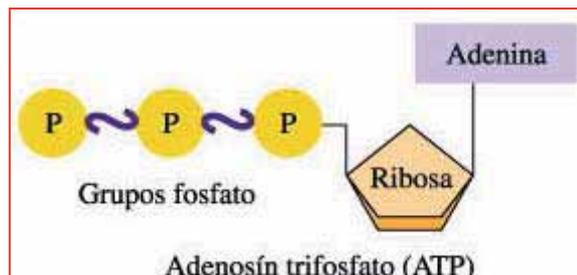


romper el mismo. A su vez, nos da idea de la energía liberada en el proceso.

Figura 1. Estructura química del ATP, fuente de energía de la célula. Los tres enlaces entre los fosfatos retienen gran

cantidad de energía que se libera al romperse cada uno de estos.

Estos 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 débiles podemos considerar:

- **Interacciones hidrofóbicas**, generadas por fuerzas de repulsión entre las moléculas. Este tipo de enlace es muy importante en la formación de las membranas biológicas;

- **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. 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);

- **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.

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

- **Enlaces covalentes**, en este tipo de enlace los átomos que forman las moléculas comparten pares de electrones (uno, dos o tres pares). Este tipo de enlace es muy importante en la formación de moléculas orgánicas, que están constituidas principalmente por átomos de carbono, 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. Estos enlaces covalentes entre átomos de carbono son los responsables de la formación de 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, son moléculas pequeñas, ej. 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; son moléculas grandes, formadas por varios átomos de carbono, ej. 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.

Moléculas Inorgánicas

2.2.1. El agua

Constituyendo entre el 50 y el 95 % del peso de cualquier sistema vivo. Es la más abundante de las moléculas que componen a los seres vivos.

El agua desempeña una serie de funciones en los sistemas vivos.

Disuelve los productos de desecho del metabolismo y ayuda a su eliminación de la célula y del organismo. Además, tiene 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.

Tiene una función indispensable como lubricante, y se encuentra siempre donde un órgano se desliza contra otro, formando parte de los líquidos corporales. Por ejemplo, en las articulaciones, se encuentra 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 es debido a sus propiedades le han permitido intervenir en múltiples papeles en el organismo. Esas propiedades desde el punto de vista químico son:

a) 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

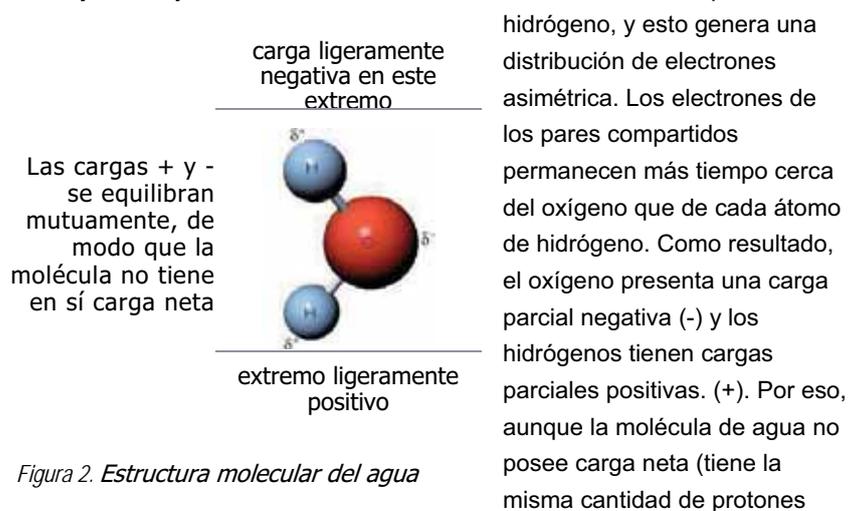


Figura 2. Estructura molecular del agua

que de electrones), es un dipolo eléctrico ya que presenta distribución desigual de cargas (ver figuras 2 y 3).

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.

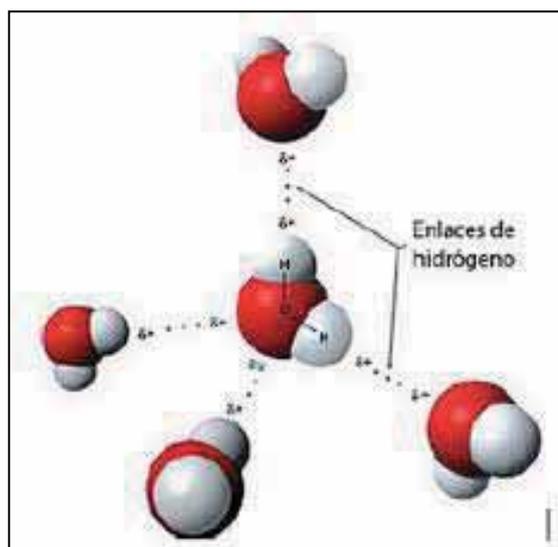


Figura 3. Formación de puentes de hidrógeno entre las moléculas de agua.

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

Otras propiedades importantes del agua

Se sabe que la fuerte atracción entre las moléculas debida a los puentes de hidrógeno es responsable de algunas de las propiedades más características del agua, entre las que podemos mencionar:

- *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.

- *Su calor específico es alto*, 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.

Estas importantes propiedades permiten que los medios acuosos puedan mantener una temperatura relativamente constante, lo que evita que los organismos que viven en los océanos o en los grandes lagos de agua dulce sean expuestos a bruscas variaciones de temperatura. También permite al agua comportarse como buen amortiguador de la temperatura de un organismo, disminuyendo los efectos de los cambios de temperatura del medio externo. Este mantenimiento de la temperatura es de suma importancia para la vida porque las reacciones químicas de importancia biológica sólo tienen lugar dentro de estrechos límites de temperatura.

El agua tiene 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. Un ejemplo es el de los insectos voladores que aterrizan sobre el agua y flotan sobre ella.

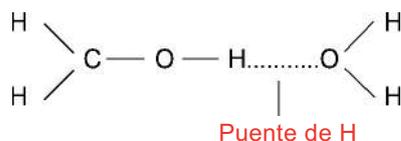
Pero que ocurre durante la congelación. Por debajo de 0 °C los puentes de hidrógeno resisten a la ruptura y unen las moléculas de agua en un enrejado abierto, que es la estructura que posee el hielo. Al ser menos denso que el agua, el hielo flota en ella. En invierno, cuando el agua de los lagos, estanques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

Poder disolvente del agua

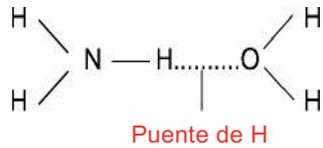
Esta notable capacidad del agua se debe a dos propiedades:

- 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:

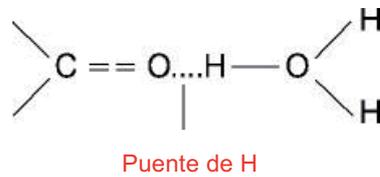
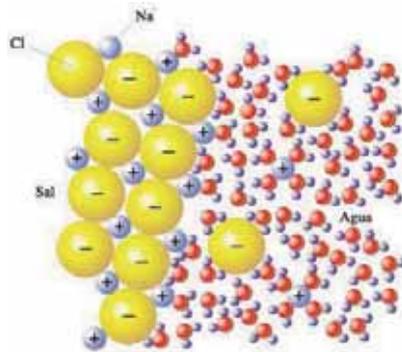


Figura 4. Formación de puentes de hidrógeno entre el agua y otros grupos químicos.



- La presencia del agua disminuye la atracción entre iones de carga opuesta. Debido a esto, el agua es un buen disolvente de sales inorgánicas, por ejemplo la sal común. Esto debe a que las moléculas dipolares del agua se ordenan alrededor de los cationes Na^+ y alrededor de los aniones Cl^- formándose de esta forma una nube de hidratación que los estabiliza y permite su disolución.

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

Actividad

Los siguientes ejemplos fueron extraídos del texto de Biología de Curtis y Barnes (2000) y leelos y trata de relacionarlos con 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 formando largas cadenas carbonadas. Estos enlaces son relativamente estables y pueden ser simples, dobles o triples, o sea que se pueden compartir uno, dos o tres pares de electrones respectivamente.

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

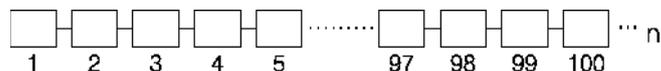
- a) **hidratos de carbono**
- b) **lípidos**
- c) **proteínas**
- d) **ácidos nucleicos**

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 pequeña: 

Si se enlazan 100 de estas unidades, se obtienen



Esta molécula, formada por 100 eslabones, representa un *polímero*, formada por *eslabones los cuales se denominan monómeros* (*mono*: uno; *mero*: porción).

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.

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.

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 intermedios;
 - 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.

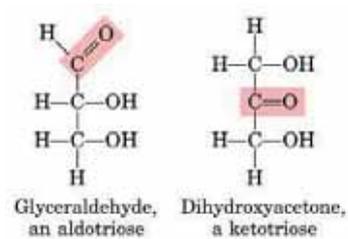
La inmensa posibilidad de diversidad estructural de los hidratos de carbono es una característica clave en su función de mediadores de las interacciones celulares.

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:

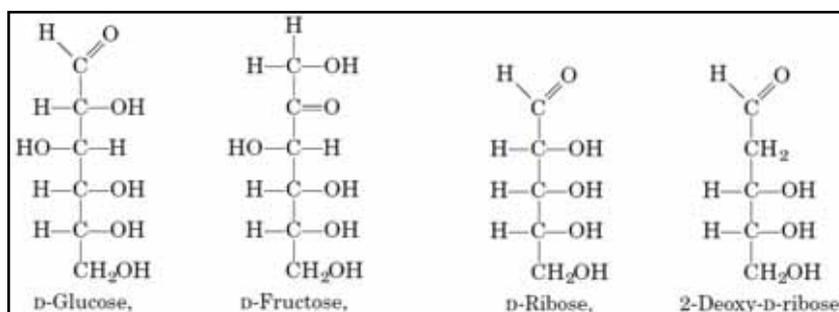


- **una función aldehído:** en cuyo caso el monosacáridos se denomina aldosa; o bien

- **una función cetona:** en este caso el monosacáridos se denomina cetosa

Figura 6: Representación grafica de un aldehído y de una cetona *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

De la asociación de dos hexosas a través de un enlace glucosídico, se forma un *disacárido*, o sea una 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 monosacáridos y los disacáridos (azúcares) son moléculas relativamente pequeñas, de sabor dulce y son solubles en agua.

Importante....Los disacáridos y polisacáridos, para ser utilizados en la célula deben ser desdoblados primero a monosacáridos.

Polisacáridos

Los polisacáridos se forman por asociación de una gran cantidad de moléculas de hexosas, las que se unen a través de enlaces glucosídicos (grandes moléculas), dando lugar a los polímeros. Los polímeros formados por

muchos monosacáridos se llaman polisacáridos. Estos sirven como almacén de energía, y por lo tanto son acumulados tanto en células vegetales como animales. Dentro de este grupo podemos nombrar: almidón, reserva en células vegetales, y el glucógeno, reserva en células animales. Los dos son polímeros de glucosa.

También tenemos un grupo de polisacáridos, que si bien no constituyen reserva energética, 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, lo cual le da 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.

La clasificación anterior de los hidratos de carbono fue de acuerdo con la complejidad estructural de la molécula, y algunas de sus funciones. Ahora veremos otras funciones importantes en los sistemas biológicos.

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. *¿Por qué decimos que la membrana celular es asimétrica? ¿Qué otro elemento importante constituye las membranas plasmáticas?*

Los glúcidos de la membrana se unen externamente a proteínas y lípidos formando glicoproteínas y glicolípidos, constituyendo la cubierta celular o glucocálix. 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.

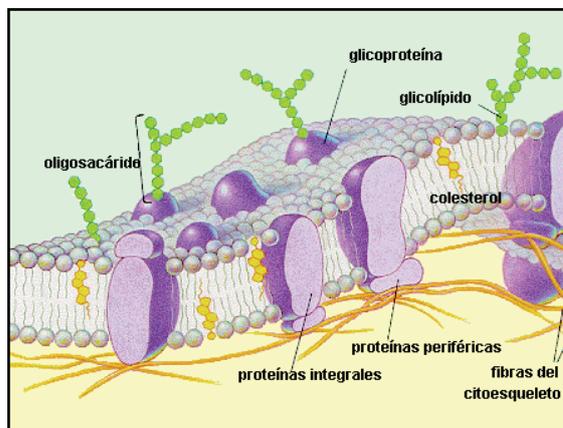


Figura 8. Esquema del mosaico fluido de la membrana celular. La membrana plasmática está constituida por una bicapa lipídica con proteínas intercaladas. Los azúcares en la membrana sólo se encuentran en la monocapa externa.

Por ejemplo, el tejido epi-

telial, 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.

2.2.3.2. Los lípidos

Esta es una categoría que agrupa sustancias que pueden tener estructuras químicas muy distintas. Todas las sustancias incluidas aquí comparten una característica fisicoquímica: su *solubilidad*.

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

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

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

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.

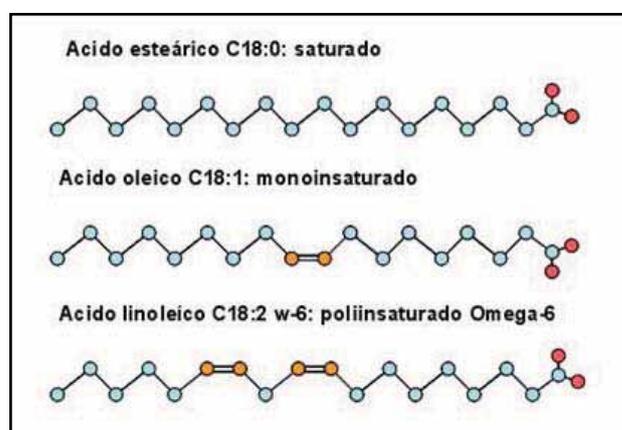
Podemos distinguir:

- **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 esfingomiolina, 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 poli-insaturados.

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.



ambiente.

Figura 9. Tres fórmulas estructurales de ácidos grasos. A Arriba, 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. Abajo, el ácido linoléico, que tiene tres dobles enlaces, por lo que es poliinsaturado.

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.

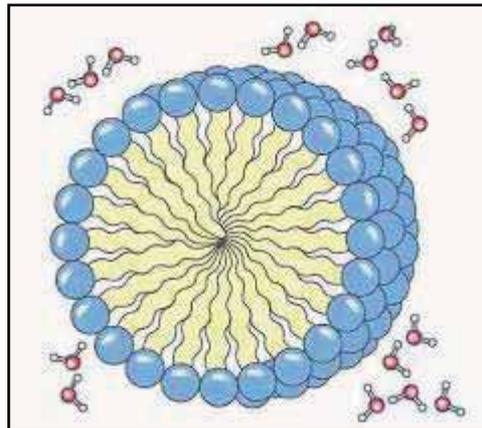
Es importante analizar un aspecto interesante de los ácidos grasos. Los jabones que utilizamos en la higiene diaria son sales de ácidos grasos. Están formados por un ácido graso de cadena larga, que como ya hemos visto, no se solubiliza en el agua, que se une con un ión metálico, generalmente el sodio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

A pensar...

¿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



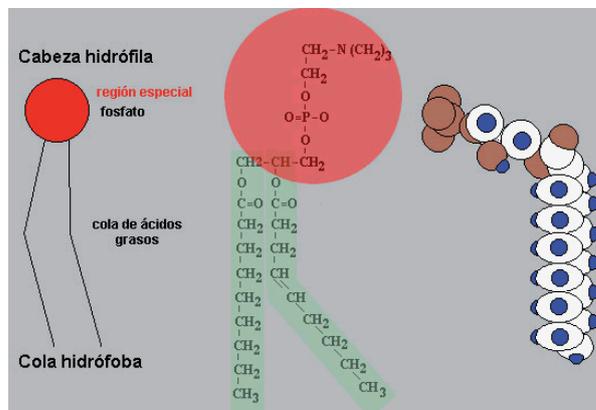
afinidad: las colas no polares tienden a agruparse escapando del agua, en tanto que las cabezas polares se exponen a ella.

Figura 10: Representación grafica de una micela

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 hidrofóbicas queda atrapada en el centro de la micela, *siendo barrida de la superficie que se jabonó*.

Otros lípidos que poseen ácidos grasos en su constitución son: fosfolípidos, glucolípidos, grasas y ceras.

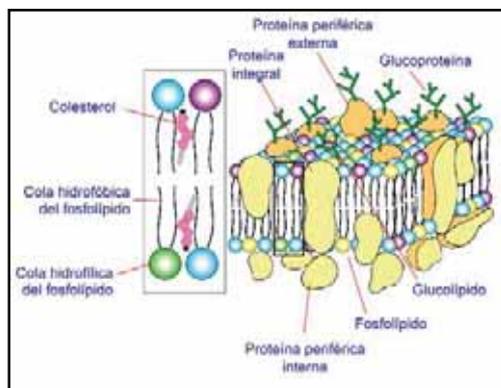


Fosfolípidos

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.



fosfolípidos en las membranas biológicas.

Figura 11. Disposición de los

Triglicéridos o grasas neutras

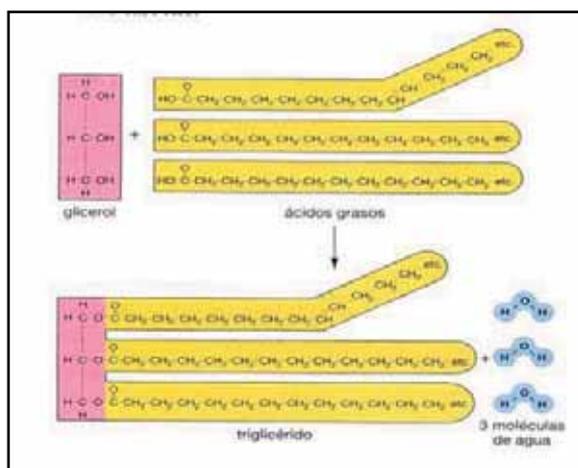
Están constituidos por tres ácidos grasos unidos al glicerol, un alcohol de 3 carbonos.

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). Pero si son sólidos a temperatura ambiente, se denominan *grasas*, estas son características de los animales.

Figura 12. Estructura química de un triglicérido: Se observa la condensación de ácidos grasos con una molécula de glicerol para formar el triglicérido. Al igual que los fosfolípidos, las colas de ácidos grasos no son siempre iguales, y pueden ser saturadas e insaturadas.

Los aceites al igual que las grasas constituyen las reservas energéticas que se acumulan en las células de muchos organismos (algas, vegetales, animales).

Cuando es necesario energía, los triglicéridos son hidrolizados, se desdobla 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

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 para estos insectos para construir sus panales.

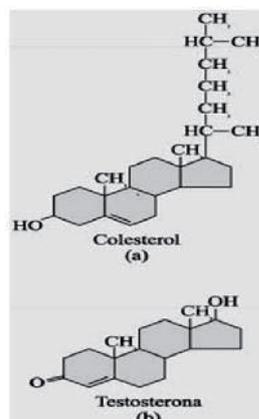
Esteroides

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)



En resumen podemos decir...

- Los lípidos 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;
- Nutricionalmente podemos decir que los lípidos de los alimentos son importantes fuentes de energía por su alto contenido calórico, y además vehiculizan vitaminas liposolubles;
- Dentro de este grupo tenemos un 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? Ejemplifique.
- ¿Por qué algunos órganos, como por ejemplo los riñones, están rodeados de una capa de grasa?
- ¿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?

2.2.3.3. Nitrógeno: Las proteínas

Las proteínas son macromoléculas que desde el punto de vista funcional,

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.

Dentro de las proteínas tenemos las 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. Otras dirigen su propia síntesis o la de otras macromoléculas.

Las proteínas moléculas formadas por subunidades llamadas **aminoácidos**. A lo cual decimos que 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.

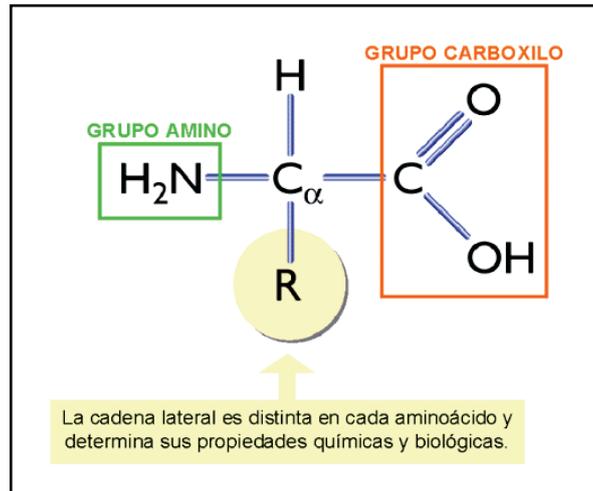
Figura 14. Estructura de un aminoácido.

En la misma molécula encontramos 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

Cada tipo particular de proteína tiene una secuencia (u ordenamiento) de aminoácidos distintos que es exclusiva de ella. 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).

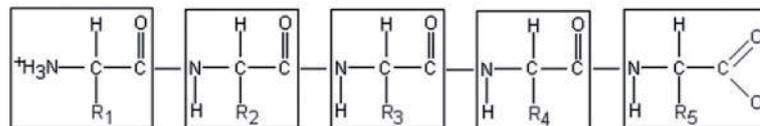
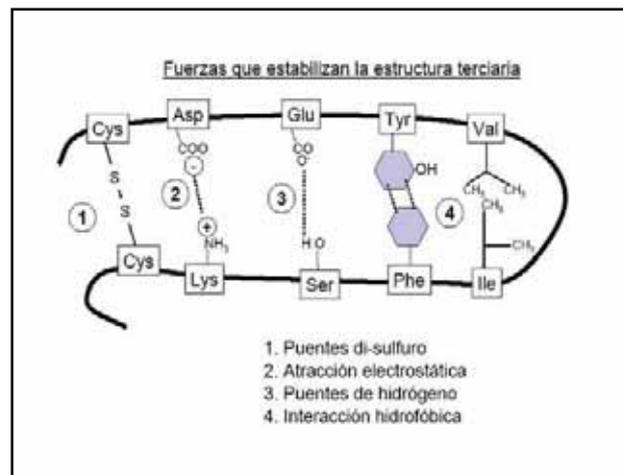


Figura 16. Estructura primaria de una proteína: a la izquierda, el extremo amino, a la derecha, el extremo carboxilo.

- **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 de una proteína

- **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*



hidrofobas 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 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)

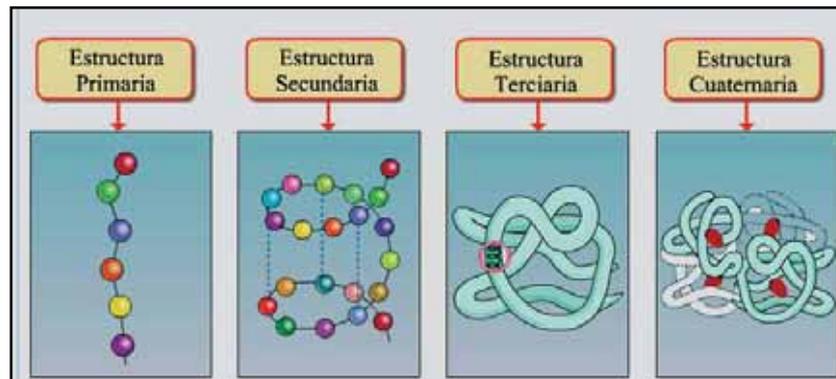


Figura 19. Los cuatro niveles de organización de las proteínas

Lo anteriormente expuesto, nos dice que 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.

De esta manera tenemos:

- **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 protectoras, etc. Son proteínas fibrosas la queratina de la piel, cabello, uñas, plumas, cuernos y el colágeno de los tendones y de la matriz orgánica del hueso;

- **las proteínas globulares:** formadas por cadenas que se pliegan hasta adoptar formas esféricas. Son generalmente solubles en agua y soluciones acuosas.

Dentro de las múltiples funciones que podemos mencionar tenemos:

- 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.

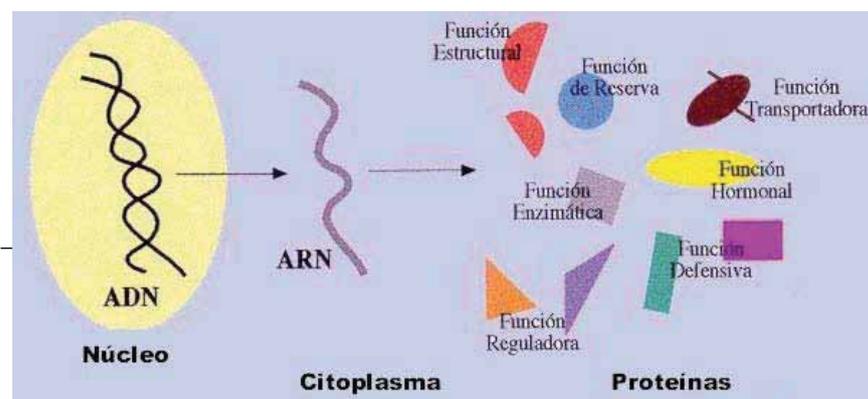
Hay algunas proteínas con características de uno y otro tipo; por ejemplo, con estructuras alargadas (como las fibrosas) pero solubles en soluciones acuosas (como las globulares). En este grupo ubicamos a la miosina, una de las proteínas que interviene en la contracción muscular, y al fibrinógeno, precursor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

Cabe destacar que la múltiples funciones de las proteínas 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.

Veamos la siguiente figura:



. Figura 20: Resumen general de estructura y función de las proteínas

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:

QSHATKHKIPVKYLEFISECIIQVLHSHKHPGDFGADAQGAMNK
ALELFRK
QSHATKHKIPVKYLEFISECIIQVLQSKHPGDFGADAQGAMNK
ALELFRK

2.2.3.4. Los ácidos nucleicos

Son compuestos cuaternarios que además poseen P (fósforo) en su composición, responsables del control de todas las funciones celulares y, 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.

Analícemos 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:

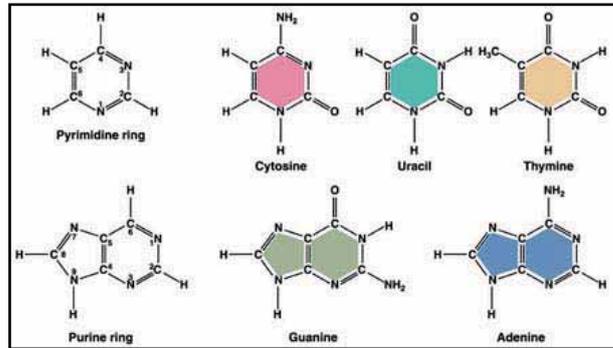
a) derivadas de la purina, que incluye:

- 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*.



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:

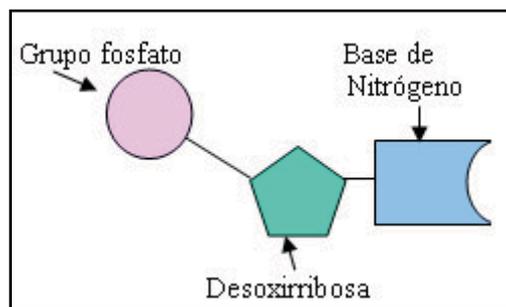
- como moléculas especializadas en la *transferencia de energía química*;
- como parte de moléculas que colaboran en la tarea catalítica de las enzimas, las llamadas *coenzimas*.

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.

Ácidos Nucleicos

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

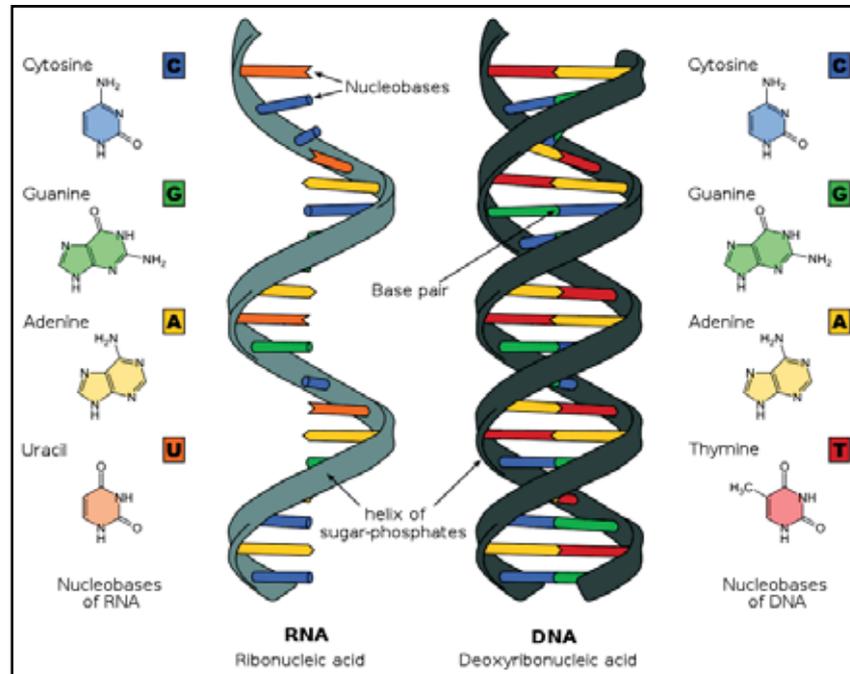
En primer lugar, podemos distinguir entre dos tipos de ácidos, cada uno derivado de una sola clase de nucleótidos:

- 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 y similitudes entre ADN y RNA.



Podemos nombrar 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.

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):

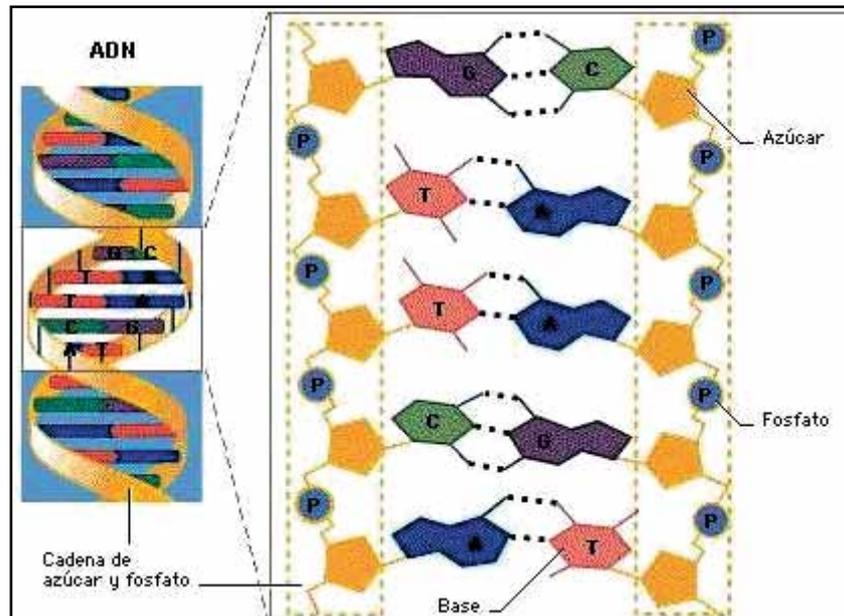
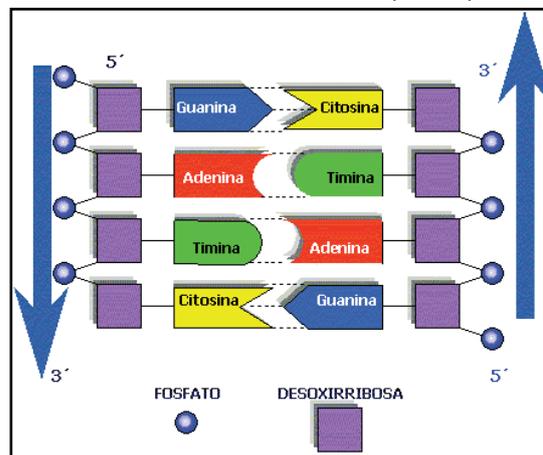


Figura 23. Estructura de la doble hélice

Para poder interpretar esta doble hélice tipo “escalera-caracol”, comparemos:

- 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.

Por lo cual podemos concluir:

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 1969.

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.

¿Cuál es la importancia de la replicación del ADN?

La importancia es debido a la información que contiene: la “información genética”, la cual hace posible la organización y el funcionamiento de cada célula particular y del organismo completo.

La “información genética”, se encuentra almacenada en un lenguaje de códigos, y es mantenida dentro del núcleo de la célula. El ADN es transcrito en ARN y siguiendo las instrucciones el ARN es copiado para sintetizar proteínas.

Las proteínas formadas intervendrán en muchas y variadas funciones relacionadas con la estructura y el metabolismo celular.

El principal elemento de la transmisión hereditaria que hace posible esto ocurra, es la información genética que proporcionara a las células hijas (o al organismo hijo) las mismas aptitudes que poseía la célula (u organismo original). Todo esto se logra mediante la duplicación del ADN.

Diferencias entre el ADN de procariontas y eucariotas

Células procariontas;

El ADN se encuentra formando un único cromosoma y circular, que se encuentra en la célula en la región denominada nucleoide, y está unido a un punto de la membrana plasmática. El cromosoma está constituido por ADN. **NO** posee histonas asociado.

Células eucariotas:

El ADN se encuentra en el núcleo, en cantidades mucho mayores formando múltiples cromosomas. El ADN se encuentra combinado con proteínas, las histonas, muy importantes en su organización, tanto durante la interfase como en la condensación de los cromosomas durante la división celular.

Bibliografía

- 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.

Unidad 3. La célula

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

Al estudiar la estructura y función de los seres vivos tal como se encuentran en la naturaleza observamos que tienen una gran complejidad y riqueza. Pero 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.

La célula es el menor nivel de organización que presenta todas las características de los seres vivos. Además la célula es la estructura más pequeña de los seres pluricelulares la cual puede crecer en forma individual. Desde que la misma fue descubierta, muchos científicos intentaron aislarla y cultivarla. Después de varios intentos fallidos, R. Harrison en 1905, aisló trozos de tejidos del embrión de rana. Las células crecieron durante varios días y se convirtieron en células nerviosas.

Cultivo celular: es el proceso mediante el que células, ya sean células procariotas o eucariotas, pueden cultivarse en condiciones controladas. En la práctica el término "cultivo celular" se usa normalmente en referencia al cultivo de células aisladas de eucariotas pluricelulares, especialmente células animales.

¿Cómo se presentan las células en los seres vivos?

Un gran número de los seres vivos presenta un grado de organización celular, conocidos como *organismos unicelulares*. Podemos ubicarlos en los reinos Mónera y Protistas, teniendo en cuenta la morfología, tamaño, formas de nutrición y otras características.

Aquellos organismos que poseen un grado de organización más compleja pueden formar conjuntos multicelulares denominados *colonias*. Dentro de este grupo podemos encontrar diferentes tipos de algas las cuales pertenecen al Reino Protistas.

Existen seres vivos con organización pluricelular, estos se encuentran en los reinos Animalia, Plantae y Fungi. Millones de células trabajan en forma conjunta y organizada (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.

En estos organismos (animales y vegetales) 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?

Recordemos que paso según la 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 animaláculos.

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.

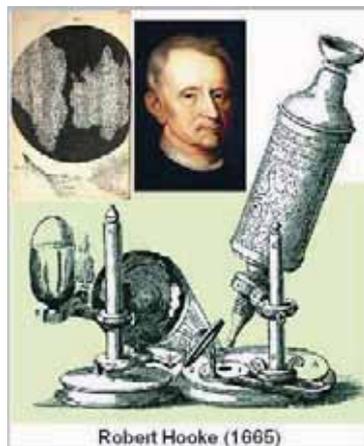


Figura 1. El microscopio utilizado por Hooke para realizar sus observaciones y un dibujo realizado por el científico de un corte longitudinal de la corteza donde se ven las células muertas.

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)

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.

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.

3.3. 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).

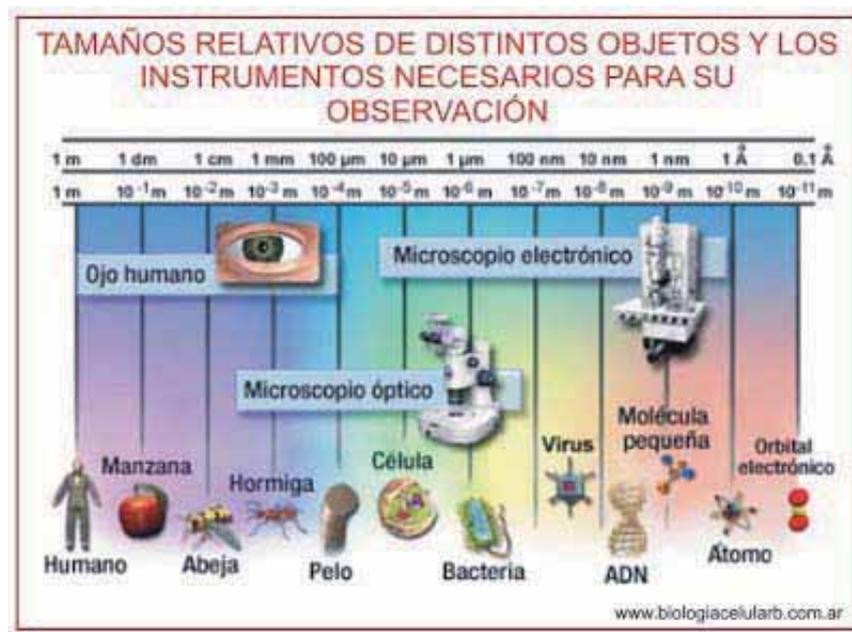
La cabeza de un espermatozoide (célula gamética) tiene un diámetro de 5 micrones, y se estima que los espermatozoides necesarios para generar a la humanidad entera cabrían en una cuchara. Por otro lado, existen células mucho más grandes, como el óvulo humano con un diámetro de 0,1 mm o la yema del huevo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

metro.

Podríamos concluir 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.

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



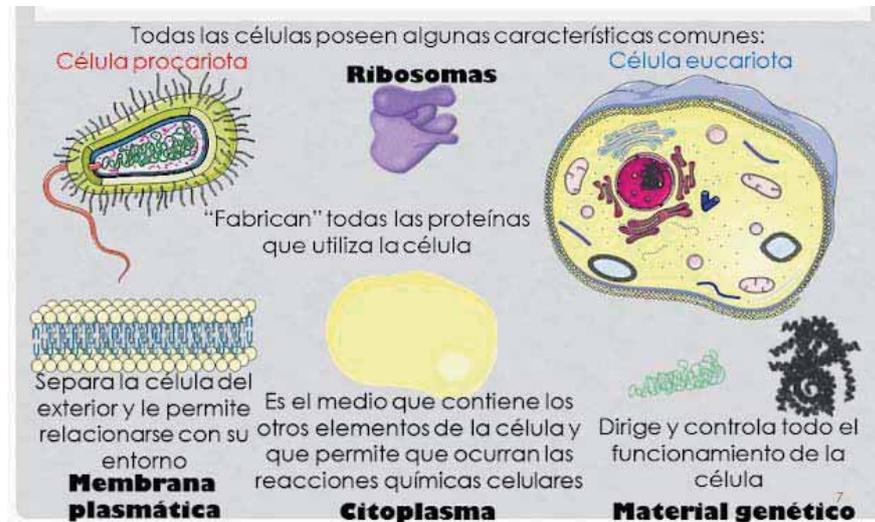
S Para saber más...

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.



3.4. 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 *material hereditario* (ADN).

3.4.1. 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.

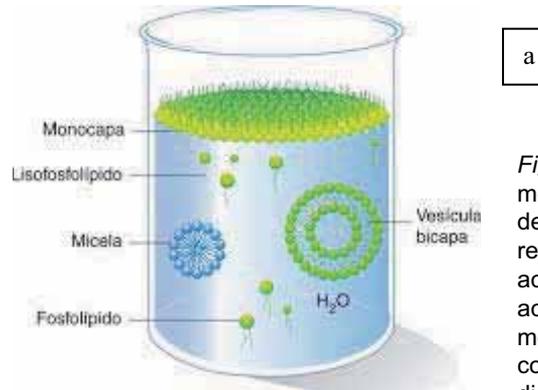


Recuperemos y relacionemos conceptos ya aprendidos en la Unidad 2 cuando trabajamos con los fosfolípidos... ¿Por qué fue importante conocer de ellos?

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).

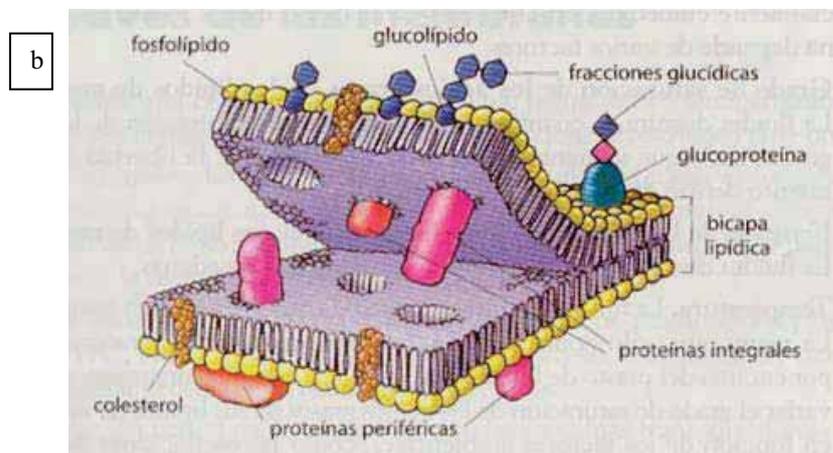
Cuando estas moléculas se colocan en agua se agregan espontáneamente en una bicapa molecular ordenando sus partes hidrofílicas de manera que estén expuestas al agua, mientras que las partes hidrofóbicas se mantienen en contacto entre ellas y alejadas de aquélla (Figura 5).



a

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.



b

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

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.

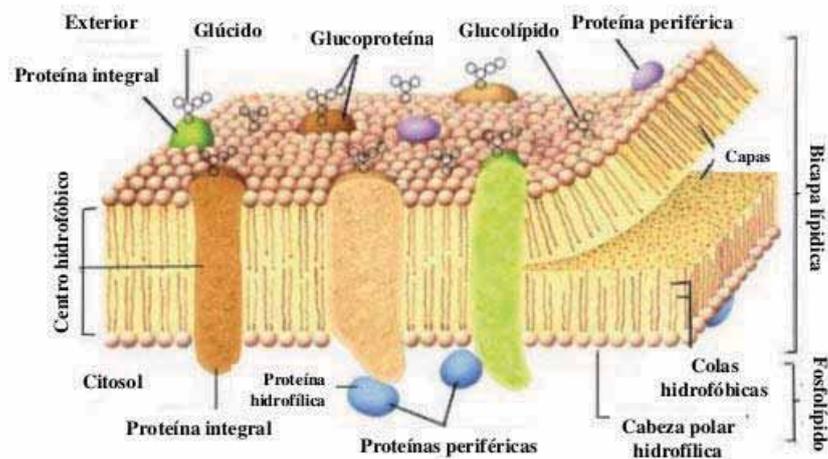


Figura 6. Modelo de mosaico fluido de la membrana plasmática.

3.4.2. 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.

3.4.3. 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.

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?

3.5. 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 nucleóide.

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 nucleóide, 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,

¿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 hábitats 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

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 muchos 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 fijados 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

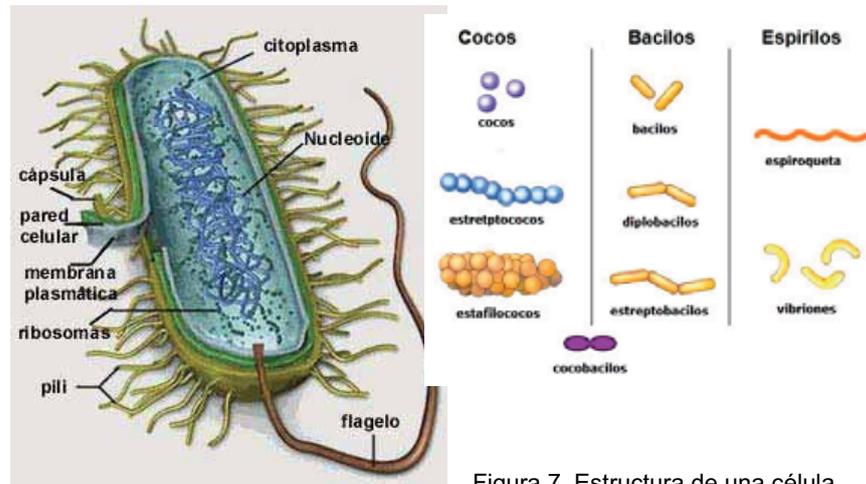


Figura 7. Estructura de una célula procariota (izquierda) y formas de algunas células bacterianas (derecha). *Veamos ahora las células eucariotas...*

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

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

- **Membrana 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 esfingomiélin. 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 semejantes a la plasmática. Para comprender el funcionamiento de una célula eucariota es necesario conocer qué sucede en cada uno de estos

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 3 metros. Por este motivo el ADN se encuentra muy condensado dentro de las células.

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).

- *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 procariotas. 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).

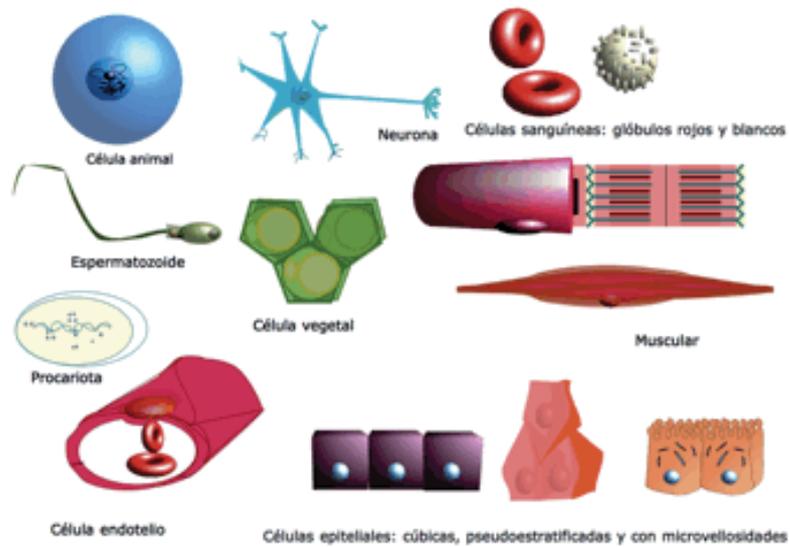


Figura 9. Diferentes formas celulares

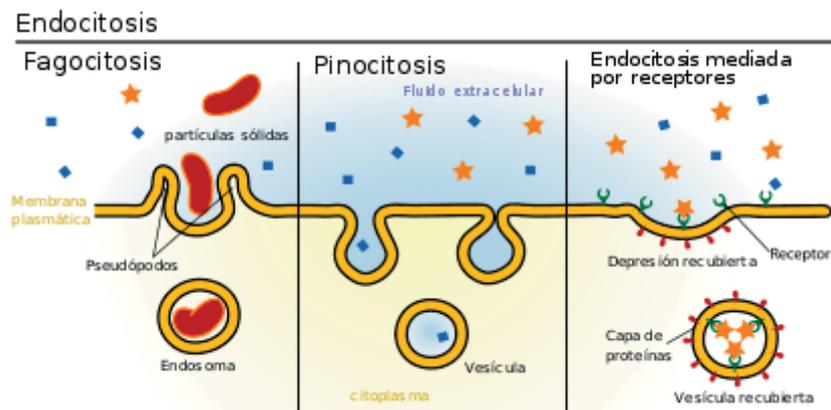


Figura 10. Proceso de endocitosis



Actividad

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

- a) *Tripanosoma cruzi*, causante del mal de Chagas;
- b) *Saccharomyces cerevisiae*, utilizado en la elaboración de la cerveza y el pan;
- c) *Saccharomyces ellipsoideus*, utilizada en la elaboración del vino;
- d) *Acetobacter sp.*, utilizado en la elaboración de vinagre;
- e) *Penicilium rocheforti* y *P. camamberti*, utilizados en la elaboración de quesos;
- f) *Vibrio cholerae*, causante del cólera;
- g) *Phakopsora pachyrhizi* y *Phakopsora 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 esfingomielina, 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.

Las células eucariotas también se diferencian según sean animales o vegetales

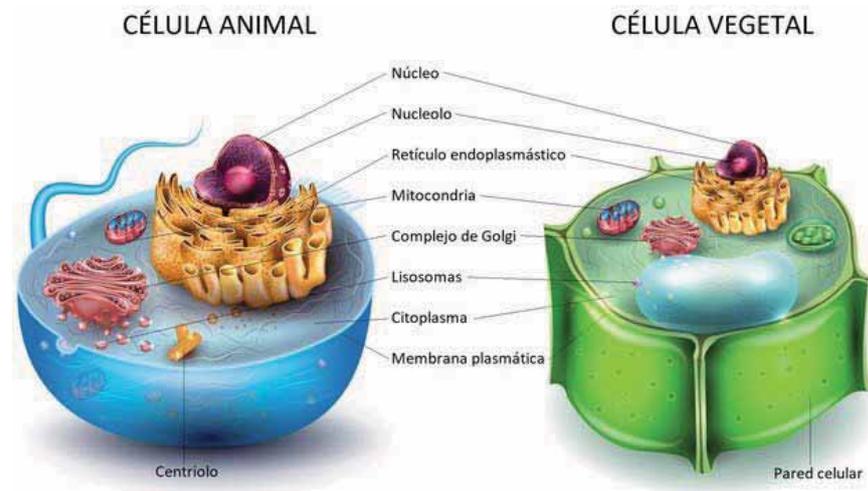
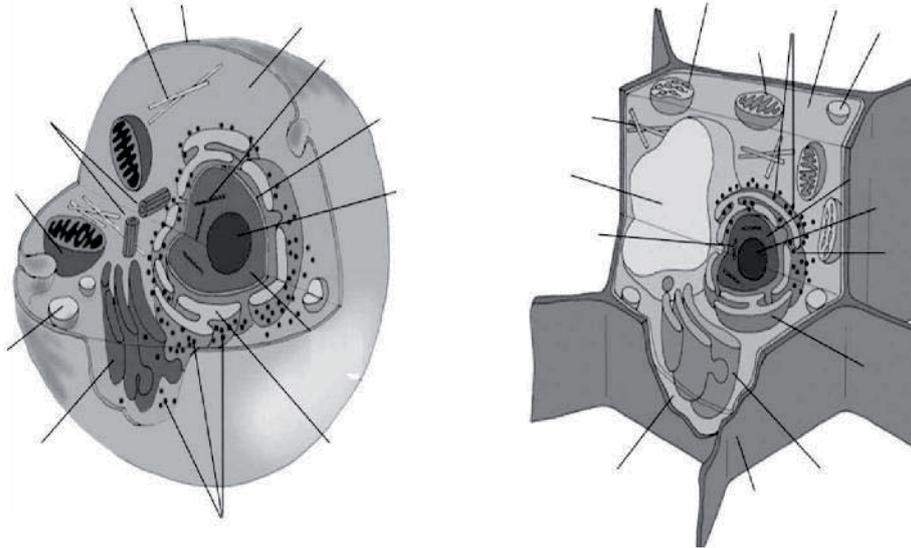


Figura 11. Célula eucariota animal y vegetal



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;
- *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 H_2O 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 proplastidos, y se diferencian luego en tres tipos básicos: *cromoplastos* (acumulan pigmentos), *leucoplastos* (acumulan almidón, proteínas o lípidos) y *cloroplastos*. Éstos 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.



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.

3.5.2. ¿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 ARNr, 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.

Otras características de las células en las arqueobacterias son:

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.

- *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 procariotas 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.

3.6. 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.

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.

Actividad

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

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

¿Por qué comenzamos 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.

¿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.

TACGATCGATCGACATGCAAT cadena de ADN complementaria de la que tiene la información ATGCTAGCTAGCTGTACGTTA cadena del gen que tiene la información

UACGAUCGAUCGAGAUGCAAU secuencia de ARNm sintetizada

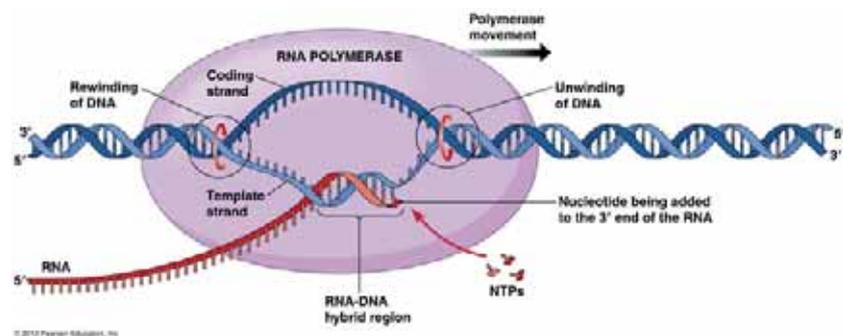


Figura 12. Transcripción del ADN.

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.

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

- 20 aminoácidos:**
 Phe = fenilalanina
 Leu = leucina
 Ile = isoleucina
 Met = metionina
 Val = valina
 Ser = serina
 Pro = prolina
 Thr = treonina
 Ala = alanina
 Tyr = tirosina
 His = histidina
 Gln = glutamina
 Asn = asparagina
 Lys = lisina
 Asp = aspartato
 Glu = glutamato
 Cys = cisteína
 Trp = triptófano
 Arg = arginina
 Gly = glicina

- indica el inicio de la traducción
 - indica la finalización de ésta

El código genético es degenerativo puesto que diferentes codones codifican para un mismo aminoácido

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 de paro---- cadena de 6 aminoácidos codificada

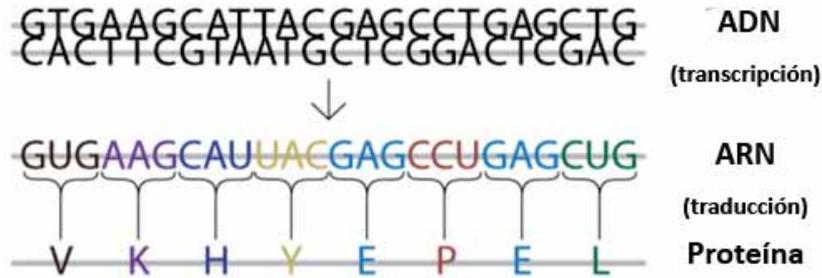


Figura 14. Traducción del ARNm. Los encargados de transportar los aminoácidos hasta el ribosoma son un tipo particular de ARN, denominados transferente o ARNt. Éstos enganchan en uno de los extremos de la molécula los aminoácidos y los transportan al ribosoma. Existe un tipo especial de ARNt para cada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

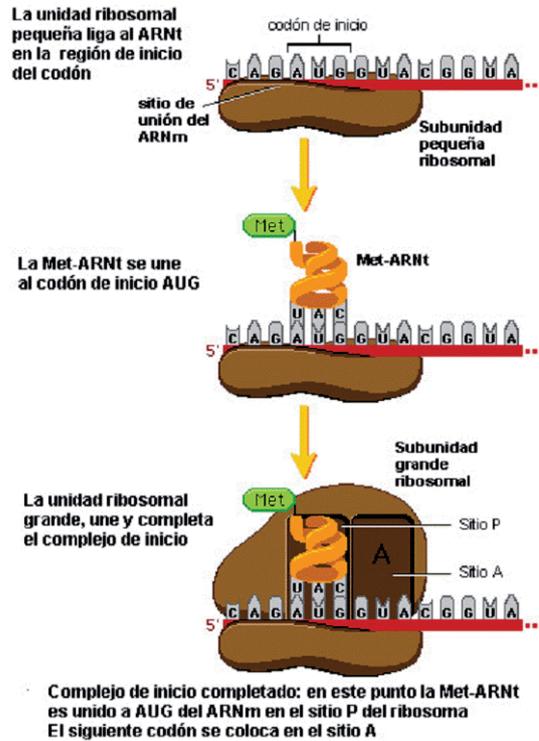


Figura 15. Esquema de la traducción de una cadena de ARNm

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.

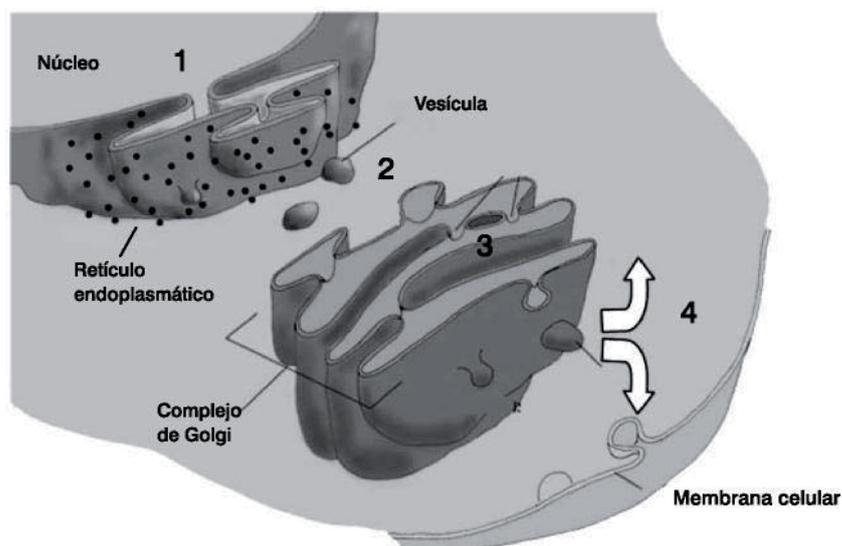


Figura 16. Relaciones intracelulares. (1) Luego de la transcripción, el ARNm se dirige a los ribosomas para que se sinteticen las proteínas. (2) Las proteínas sintetizadas en el RE rugoso, como los lípidos sintetizados en el RE liso, son encapsuladas en vesículas y se dirigen al complejo de Golgi. (3) 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.

Unidad 4. La continuidad de la vida y la proliferación
celular

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.

4.1. 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 representarlos consecutivamente en una secuencia que, al concluir, retorna al punto de partida reiniciando el proceso. Así, se denomina *ciclo celular* a la sucesión de cambios que ocurren durante la vida de la célula e 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:

- *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 se separan las células,

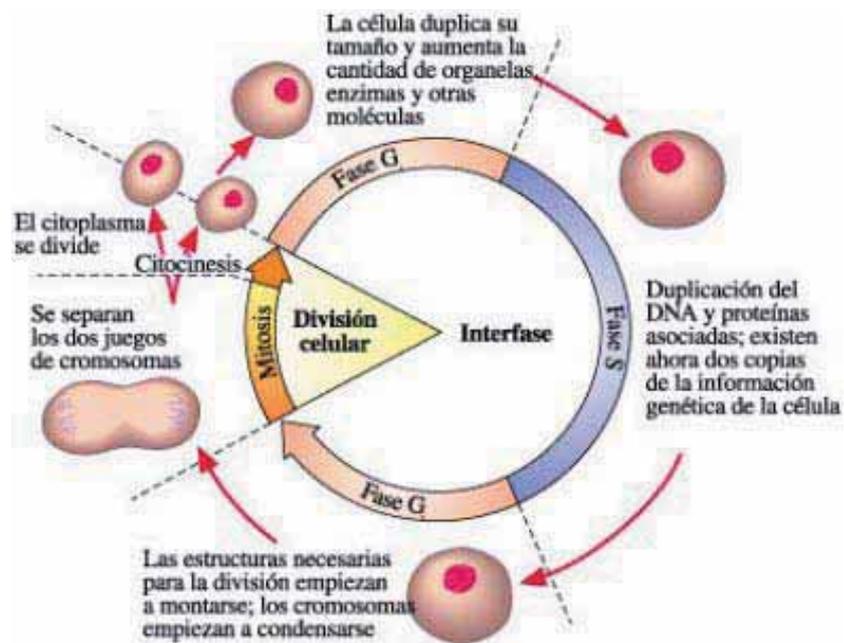


Figura 1. Representación de las etapas del ciclo celular en función del estado del material hereditario. Partiendo de G_1 , la célula supera el umbral y se obliga a completar el ciclo. Se desencadena la síntesis del ADN (S), luego se prepara para dividirse (G_2) y origina dos células hijas (división 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 no se vuelven a dividir.

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

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?

Quando 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).

4.2. Distribución del ADN en la replicación celular

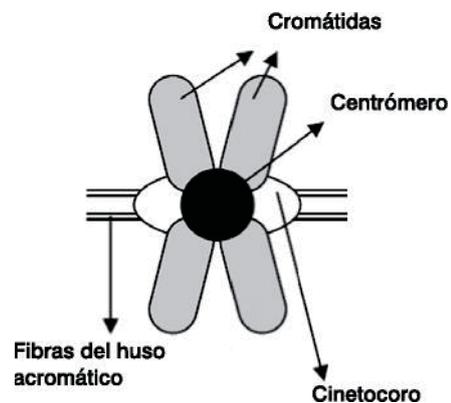
Si bien al finalizar la etapa G₂ ya existen copias del ADN dentro de la célula, las mismas no se separan hasta concluir la división celular mitótica y la citocinesis. Veamos cómo ocurren ambos procesos.

4.2.1. 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

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.



Interfase, ese ADN se encuentra *descondensado*, es decir que está poco enrollado y ocupando todo el interior del núcleo, por lo que no se puede distinguir los límites de cada cromosoma. Pero al comenzar la división celular, el ADN se condensa enrollándose progresivamente sobre sí mismo muchas veces, de tal forma que su longitud se reduce permitiendo la separación e individualización de cada cromosoma.

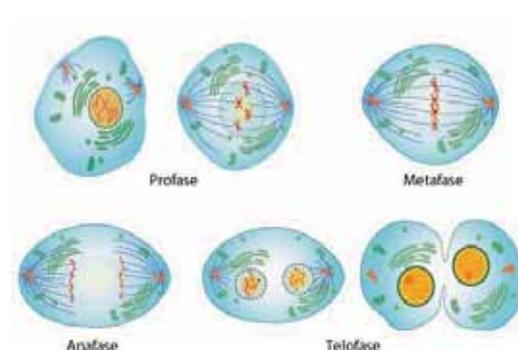
En función de cómo y dónde se localiza el ADN dentro de una célula eucariota durante la división mitótica y las estructuras específicas que se generan, se pueden distinguir cuatro fases (Figura 3):

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 en fibras o filamentos, que se insertan en el *cinetocoro* de cada cromosoma (Figura 2).

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.



nuclear.

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

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.

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?
-

4.2.2. 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.

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.

4.3. 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.

4.3.1. 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.

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 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 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. 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 segundo 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.

4.3.2. 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 equipará 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?

4.4. 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).

4.4.1. ¿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”.

4.4.2. ¿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 traccionar 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 3).

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:

- **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.

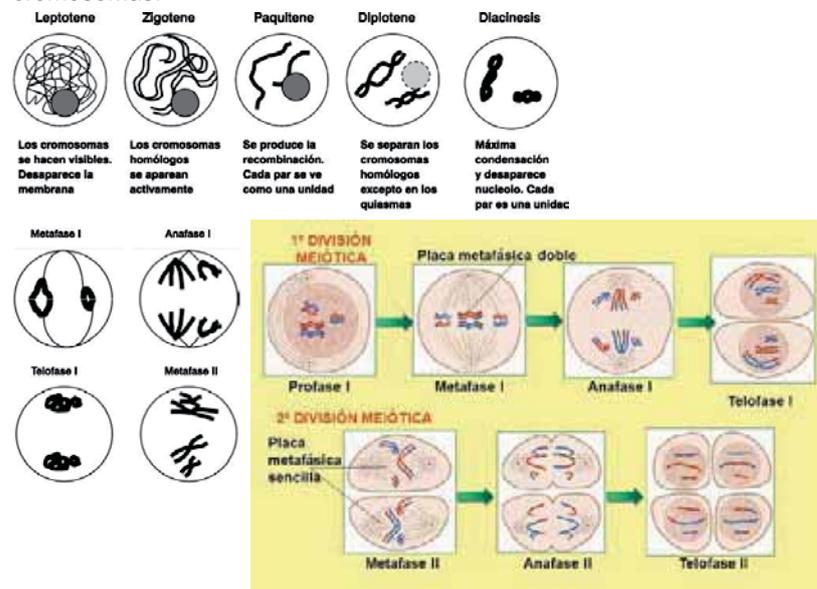


Figura 3: Principales etapas de la meiosis

- **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.

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

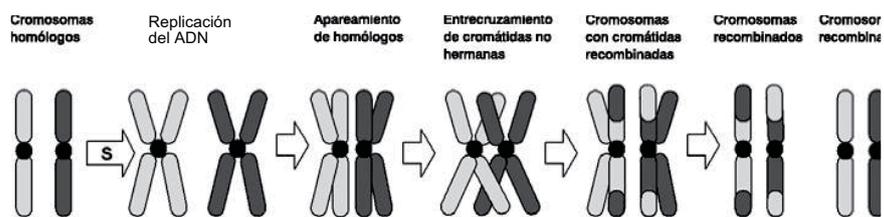
Sin lugar a dudas, el objetivo principal de la meiosis es la generación de gametos portando nuevas variantes genéticas, a través de la redistribución equilibrada y aleatoria de la información hereditaria del individuo. Por eso, para

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 4). 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 4: 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 5)

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!

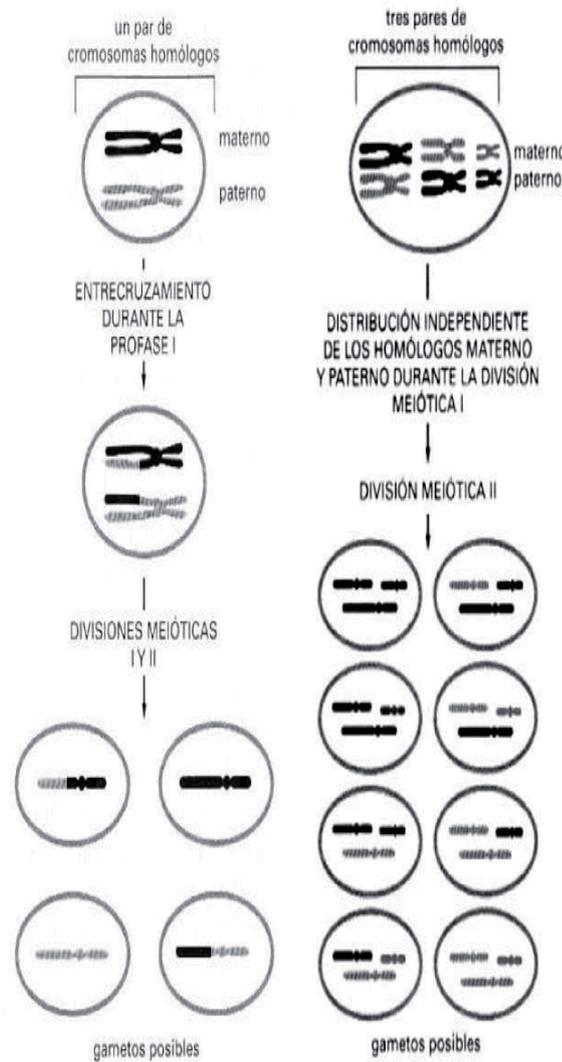


Figura 5. Esquema de generación de variabilidad en meiosis, mediante entrecruzamiento (nivel génico) y migración independiente (nivel cromosómico) de los cromosomas (gráficos tomados de Alberts *et ál.*, 2004).

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. Responde 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?
-

4.4.4. 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. 6° 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. 12° 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

Unidad 5. Conceptos básicos

En este capítulo nos introduciremos en el conocimiento de fundamentos que nos ayudarán a utilizar e interpretar la Química. Señalaremos aspectos relevantes y definiremos términos de uso común para poder comprender los cambios que experimenta la materia, así como sus propiedades y estado físico.

La Química como ciencia utiliza un lenguaje que le es propio. Además, en su carácter de experimental requiere del uso de “unidades”, y utiliza las del Sistema Internacional (SI) (ver ANEXO), de modo que la expresión de resultados obtenidos consta de un número con su respectiva unidad. Por ejemplo: si nos referimos a la masa de una sustancia diremos 2,00 g; y en el caso de la concentración molar de una solución la expresaremos como 2,00 mol/L.

En este Capítulo abordaremos esas temáticas, incluyendo actividades al final del libro, que nos permitirán reflexionar sobre lo aprendido y cuestionar, revisar y releer aquellos contenidos que no hayan sido comprendidos fehacientemente.

5.1. Aspectos relevantes de la química

La Química es la ciencia que estudia todo lo que forma el Universo, y las transformaciones que se producen en los materiales. Dicho de otro modo, se ocupa de estudiar la composición, propiedades y estructura de la materia y los cambios experimentados por ésta.

Como todas las ciencias, se encuentra interrelacionada con otras: Astronomía, Biología, Física, Fisiología, Geología, Medicina, Nutrición, entre las más salientes. Por eso nos permite alcanzar un cabal entendimiento de todo lo que nos rodea, de su funcionamiento y, también, asociarla a la vida cotidiana en situaciones como:

- preparación e ingesta de alimentos;

- lavado y limpieza;
- utilización de medicamentos y vacunas;
- aplicación de insecticidas y plaguicidas y,
- muchas otras.

5.2. Definiciones utilizadas en química

Materia es todo lo que ocupa un lugar en el espacio e impresiona nuestros sentidos. Por ejemplo: la madera y los ladrillos, los metales, la carne y los huesos del cuerpo humano. También se considera materia: el agua, la tierra, el aire (al que no vemos pero sentimos), los

reactivos, los fertilizantes, los plásticos, los explosivos y los alimentos. Este concepto no incluye a los conceptos abstractos como la belleza, debido a que no ocupan espacio. A una porción limitada de materia, con una forma particular, se la considera como "cuerpo". En la Figura 1.1, donde se muestra parte de un laboratorio de Química, pueden observarse varios cuerpos



Figura 1. Cuerpos

usuales en un ámbito de ese tipo, tales como: botellas conteniendo distintas sustancias, mechero tipo Bunsen y trípodes con tela de amianto para calentamiento uniforme.

Los componentes básicos de la materia son los átomos, combinados de diferentes maneras que se verán más adelante.

La materia se presenta en la naturaleza fundamentalmente en tres estados de agregación: sólido, líquido y gaseoso. En cursos superiores se verá que no son los únicos, sino que existen otros como: plasma, condensado Bose-Einstein, etc.

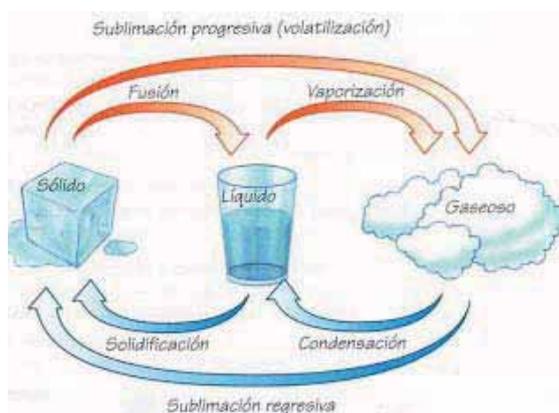


Figura 2 Transformaciones físicas de la materia

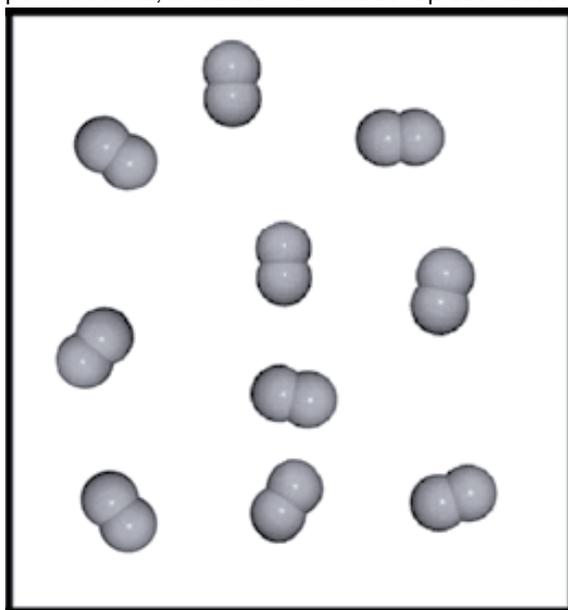
Las transformaciones físicas que se pueden producir entre estos tres estados, es decir, los pasajes de un estado a otro, se representan en la Figura 2.

Tal como se expresara en la introducción, los químicos recopilan información sobre la materia a partir de observaciones orientadas sobre hipótesis previas y realizadas de modo minucioso sobre una *muestra*, entendiéndose por tal una “parte representativa” de un todo o conjunto. Por ejemplo, una muestra de sangre, es una cantidad de la misma contenida en un tubo de ensayo o unas gotas observadas sobre el portaobjetos de un microscopio.

En Química se estudian distintas *sustancias*, es decir, diferentes tipos de materia. Como se verá en detalle en próximos capítulos, dichas sustancias pueden estar constituidas por átomos iguales o distintos; como ya dijimos, los átomos son los componentes básicos de la materia.

Las sustancias formadas por átomos iguales se denominan “simples”, como por ejemplo, dióxígeno (O_2), sodio (Na) o tetrafósforo (P_4), mientras que las constituidas por átomos distintos se denominan “compuestas”, como por ejemplo agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), ácido fosfórico (H_3PO_4) o sulfato de calcio ($CaSO_4$). Como puedes observar, en los ejemplos anteriores se han utilizado dos formas de referirse a las sustancias: mediante una *fórmula* y mediante un *nombre*, aspectos que se tratarán en capítulos siguientes.

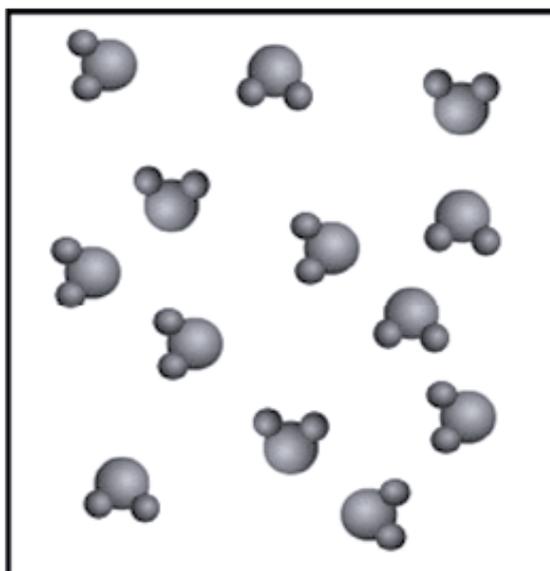
A lo largo de este libro representaremos a los átomos, en forma simplificada, como si se tratase de esferas rígidas. Así, en la Figura 3 se representa un recipiente cerrado donde sólo existe la sustancia simple O_2 , dióxígeno, y en la Figura 1.4 sólo la sustancia compuesta agua, H_2O . Ambas están constituidas por *moléculas*, unidades individuales representadas en la Figura 4. Estas



representaciones se denominan microscópicas. Pero no todas las sustancias están formadas por moléculas, como veremos más adelante.

Figura 3. Representación microscópica de una sustancia simple gaseosa

Figura 4.
Representación de una
sustancia compuesta
gaseosa



Cada sustancia se reconoce gracias a sus *propiedades*, o sea sus características propias. Entre éstas pueden citarse color, capacidad de conducir la electricidad, comportamiento cuando la misma se somete a calentamiento o se mezcla con otras y, en algunos casos, el gusto y el olor.

5.3. La masa y el peso

La *masa* representa la “cantidad de materia” de un sistema o un cuerpo. Además, es proporcional a su *inercia*, es decir, es proporcional a la resistencia que ofrece a un cambio en su estado de reposo o movimiento.

La masa (m) se puede expresar como la relación entre la fuerza con que un cuerpo es atraído por acción del campo gravitatorio de la tierra ($\text{peso} = P$) y la aceleración de la gravedad ($g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$), lo cual se representa mediante la siguiente expresión:

$$P = m \cdot g$$

$$m = P / g$$



Un método particularmente cómodo para medir la masa es equilibrar el objeto en cuestión con una masa conocida o patrón en una balanza de dos platos, según Figura.5. Si disponemos de una pesa de 10,00 g y se logra el equilibrio de ambos brazos, podemos decir como producto de esta comparación que “la masa de esa sustancia equivale a 10,00 g”.

Figura 5. Balanza de dos platos

Como todas las medidas de peso se realizan en la superficie terrestre, se usan los mismos términos para hablar de peso y de masa; por ejemplo, decimos que un kilogramo masa pesa 1 kg fuerza en la superficie terrestre. En la superficie de la Luna, con una aceleración de la gravedad seis (6) veces menor que la de la Tierra, su masa seguiría siendo 1 kg, pero pesaría 1/6 de 1 kg fuerza.

La unidad de masa más empleada por los químicos es el gramo, que es la milésima parte ($1/1.000 = 1,0 \cdot 10^{-3}$) del kilogramo. Este último constituye el patrón de masa que es adoptado por todos los países.

1.4. Conservación de la masa

Lavoisier realizó sus experimentos con mercurio y su óxido convencido de que el cambio material, físico o químico, no producía la creación o destrucción de la materia sino tan sólo su reordenamiento. Las comprobaciones modernas de esta hipótesis revelan que, en el margen del error experimental, *no hay un aumento o pérdida de masa durante un cambio químico ordinario*. La conservación de la masa o de la materia es una de las leyes fundamentales de la química.

5.5. Energía

Otro concepto importante es el de *energía*. En Física se define la “energía de un sistema” como la capacidad que posee para efectuar trabajo y, a su vez, la energía dispone de las mismas unidades que el trabajo, que son: el Joule o Julio (J) o el ergio (erg).

Mientras que en Química es más apropiado definirla del siguiente modo:

“La energía es una propiedad o atributo de todo cuerpo o sistema material en virtud del cual éste puede transformarse, modificando su situación o estado, así como actuar sobre otros sistemas originando en ellos diferentes procesos de transformación”.

Una forma de energía muy utilizada es el *calor* (Q). Se lo define como una “energía en tránsito o flujo de energía” entre un cuerpo y otro de menor temperatura; para la energía calórica se continúa utilizando la caloría (cal) o la kilocaloría (kcal), aunque la relación entre el Joule y la caloría está definida y es la siguiente: $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$.

Un objeto físico puede tener dos tipos fundamentales de energía mecánica: si el objeto está en movimiento, posee “energía cinética”, y la expresión que la representa es:

$$E_c = 1/2 m v^2$$

donde *m* es su masa y *v* su velocidad.

Mientras que si se considera su posición con respecto a un nivel de referencia posee *energía potencial gravitatoria*, expresada por:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

donde *m* es su masa, *g* la aceleración de la gravedad y *h* la altura con respecto al nivel de referencia.

5.6. Conservación de la energía

Los datos cuantitativos acerca de las formas de energía han conducido a los físicos a una ley de conservación similar a la de la masa.

La ley física afirma que “la energía no puede ser creada ni destruida sino transformada en otra/s forma/s”.

Las diferentes formas de energía, como, por ejemplo: calor, luz, energía mecánica y energía química, pueden interconvertirse entre sí. Por ejemplo, en una pila seca la energía química almacenada en las sustancias químicas constituyentes puede transformarse en energía eléctrica, aprovechable para mover un juguete (energía cinética) o encender la luz de una linterna (energía lumínica).

La relación que encontró el gran científico alemán Albert Einstein (1879-1955) expresa que la masa y la energía están relacionadas, según la fórmula:

$$E = mc^2$$

siendo: “*E*” la energía, “*m*” la masa y “*c*” la velocidad de la luz ($300.000 = 3,0 \cdot 10^5 \text{ km.s}^{-1}$).

La misma se ha observado válida en los procesos de generación de elevada energía, como las “reacciones o explosiones atómicas”, donde partículas nucleares cuya masa es muy pequeña generan energías exorbitantes.

A modo de ejemplo: si consideramos que la energía desprendida en la formación de 1 g de óxido de aluminio (Al_2O_3) a partir de aluminio (Al) y dióxigeno (O_2) es 3.720 cal, la variación que sufrió la masa equivale a solamente $1,5 \times 10^{-11} \text{ g}$ ($\Delta m = \Delta E/c^2$), Podemos ver que la conservación de la masa es todavía un concepto muy útil para el químico, ya que la cantidad de energía es relativamente grande para un cambio químico, y el cambio de masa resulta demasiado pequeño como para ser detectado.

5.7. Propiedades físicas, químicas y organolépticas

Los científicos realizan experimentos, los describen de modo fehaciente y luego exploran lo que puede deducirse de sus hallazgos. Esto constituye un rasgo distintivo de las ciencias experimentales. Además, las definiciones precisas y las hipótesis previas proporcionan una base excelente para organizar

las observaciones y luego realizar descubrimientos al verificar la existencia de pautas de comportamiento o propiedades.

El químico ruso D. Mendeleiev (1834-1907) hizo quizás uno de los mayores descubrimientos de la química:

“Los elementos químicos (clases de átomos, como se verá más adelante) pueden disponerse en forma de tabla periódica en función de sus propiedades químicas”.

Una vez establecido este esquema de la Tabla Periódica, Mendeleiev predijo la existencia de nuevos elementos al darse cuenta de que había espacios que no se cubrían en el esquema propuesto.

Cabe señalar que una de las actividades primordiales de la ciencia consiste en “predecir” fenómenos o comportamientos.

En su trabajo Mendeleiev asignó gran relevancia a las propiedades de los elementos, y es justamente el estudio de las propiedades uno de los rasgos salientes de la Química.

Las propiedades de las sustancias se clasifican en *químicas*, *físicas*, dependiendo ello de si implican o no la formación de otras sustancias, y *organolépticas*, referidas a los sentidos.

El oro conduce la electricidad y funde a $1.063\text{ }^{\circ}\text{C}$; éstas son dos propiedades físicas, ya que en su determinación no se forma ninguna sustancia nueva. Si decimos que el oro es amarillo y brillante nos estamos refiriendo a propiedades organolépticas. Y si expresamos que el oro es atacado por una mezcla de ácido nítrico y ácido clorhídrico concentrados estamos haciendo alusión a una propiedad química.

El gas natural que usamos en nuestros hogares (constituido mayoritariamente por metano, y escaso etano y propano), al quemarse con el oxígeno del aire genera como producto de esa combustión dióxido de carbono y agua. Podemos afirmar que la participación del metano en la reacción de combustión es una de las propiedades químicas del metano (CH_4), puesto que implica la formación de nuevas y diferentes sustancias, dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O), producidas por la combustión completa, mientras que la incompleta genera monóxido de carbono (CO) y agua.

5.7.1. Estado físico y cambio físico

Lo primero que se percibe de una sustancia es cómo se presenta a una temperatura determinada: sólida, líquida o gaseosa, o sea, su *estado físico*.

La distinción entre un estado y otro se basa en las siguientes propiedades:

- el *sólido* es rígido y presenta una forma particular; sus unidades constituyentes están muy próximas unas de otras, como se indica en la Figura 1.2.

Entre las sustancias comunes que se presentan como sólidas a temperaturas corrientes se pueden mencionar: acero inoxidable, hierro, aluminio, granito, cuarzo,

plásticos, cobre y silicio, entre otras. Muchas de las materias primas de la Tierra están en estado sólido, como sucede con los *minerales*, las sustancias que se extraen de las minas.

- los *líquidos* son fluidos, que adoptan la forma del recipiente que los contiene; sus unidades constituyentes están próximas entre si pero poseen un mayor grado de libertad y movilidad que en el sólido (Figura 1.2).

Entre dichas sustancias líquidas a temperatura ambiente cabe mencionar la nafta (gasolina), el agua, las bebidas, los solventes; también presentan las mismas características el mercurio (siendo éste el único metal líquido de la naturaleza) y el dibromo.

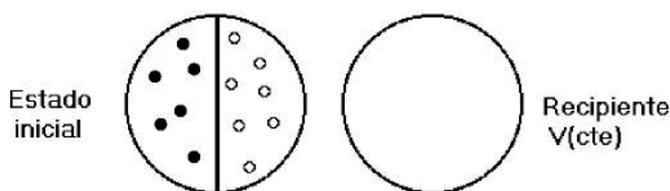
- al *gas* también se lo considera como fluido, aunque ocupa todo el volumen del recipiente que lo contiene y resulta fácil comprimirlo al someterlo a presión para que alcance un volumen menor; esto se debe a que sus partículas (por lo general moléculas) tienen mucho mayor movilidad y mayor distancia de separación que en los estados sólido y líquido (Figura 1.2), que suelen denominarse “estados condensados”. Debido a estas propiedades, dos o más gases siempre se mezclan completamente, ocupando la mezcla todo el recipiente que la contiene.

A temperatura ambiente son gases el dinitrógeno y el dióxigeno, los dos principales componentes de la atmósfera terrestre. También los denominados “gases nobles” como el helio, neón, xenón y el argón.

El término “vapor” se usa de un modo amplio, dándole el mismo significado de gas, aunque debemos diferenciarlo. Por ahora diremos que los gases, para pasar al estado líquido deben ser “comprimidos y enfriados”, mientras que un vapor puede ser condensado al ser “comprimido y/o enfriado”. En cursos superiores se verá una especificación más rigurosa de tales diferencias.

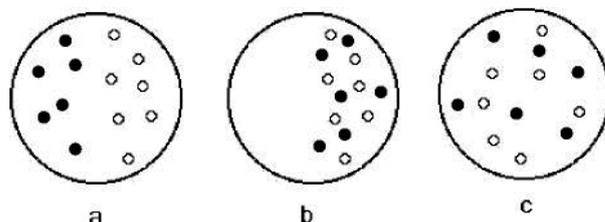
Actividad

En el esquema siguiente, la imagen izquierda representa un recipiente de paredes rígidas (es decir de volumen constante) separado en dos compartimientos por un tabique. En cada uno de ellos se observan puntos que representan moléculas de distintos gases a una misma presión y temperatura.

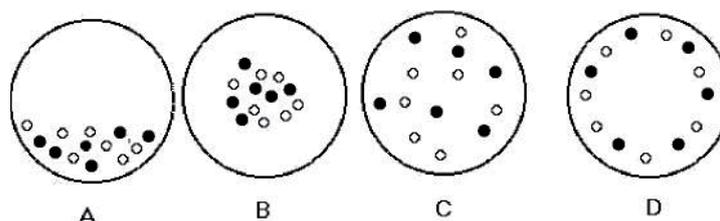


a) Se quita el tabique sin que ocurra cambio de estado ¿cuál de las siguientes posibilidades de distribución de los gases ocurrirá? Justifique su

respuesta.



b) Si se disminuye la temperatura sin que ocurra cambio de estado, ¿cuál de las representaciones siguientes corresponde a la distribución de las moléculas?



La transformación de una sustancia de un estado físico a otro (por ejemplo, el paso de agua líquida a hielo o a vapor de agua) se denomina *cambio de estado*, tal como se representó esquemáticamente en la Figura 2.

Entre los cambios de estado se encuentra la *vaporización*, que es la formación de un gas o de un vapor (por ejemplo, el paso de agua líquida a vapor de agua durante la ebullición).

Cabe mencionar, asimismo, la *condensación*, que es la formación de un líquido a partir de un gas (por ejemplo, el paso de vapor de agua a agua líquida), y la *fusión*, que es la formación de un líquido a partir de un sólido. Un rasgo importante de los cambios de estado es que se producen a una temperatura específica única. Si se calienta un sólido permanece en ese estado hasta alcanzar su *punto de fusión*, que es la temperatura a la cual funde; una vez alcanzado este punto, parte del sólido pasa al estado líquido. La temperatura permanece constante a medida que el sólido se va calentando y fundiendo; sólo aumenta cuando se ha fundido todo el sólido. Análogamente, cuando se enfría un líquido, permanece en ese estado hasta que su temperatura alcanza el *punto de congelación*, que es la temperatura a la que se solidifica; de nuevo, la temperatura permanece constante hasta que se ha solidificado todo el líquido. El punto de fusión coincide exactamente con el punto de congelación, y así el hielo se transforma en agua líquida a 0 °C y el agua se congela a 0 °C.

Otro cambio bien definido se produce al calentar un líquido hasta su *punto de ebullición*, que es la temperatura a la que hierve a una determinada presión (ésta es una definición aproximada que durante el cursado universitario seguramente será explicitada con mayor detalle).

A una presión normal [ver Figura 6 ($P_{\text{normal}} = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 101,3 \text{ kPa}$) indicada en el barómetro], el agua no hierve hasta que su temperatura ha alcanzado los 100°C , que representa su punto de ebullición. En ese punto empiezan a formarse burbujas de vapor en todo su volumen. Como en el caso de la congelación y de la fusión, la temperatura del agua en ebullición permanece constante hasta que todo el líquido se ha vaporizado: un recipiente con agua hirviendo permanece a 100°C hasta que todo el líquido ha desaparecido. Las sustancias que se vaporizan a temperaturas bajas se denominan *volátiles*. El punto de ebullición del alcohol etílico (etanol) es de 78°C , mientras que el del éter (dietiléter) es de $34,5^\circ \text{C}$, siendo éste, por lo tanto, más volátil.

Las sustancias que comúnmente se denominan gases son tan volátiles que su punto de ebullición a presión normal está situado muy por debajo de la temperatura ambiente. Puesto que los puntos de fusión y de ebullición están muy bien definidos, y teniendo en cuenta que cada sustancia funde y hierve a una temperatura característica, estas temperaturas pueden servir como indicio para identificar las sustancias. Un polvo blanco se parece mucho a otro pero, puede determinarse, por ejemplo, que es de aspirina, al comprobar si su punto de fusión es de 135°C . Es posible que varias sustancias blancas fundan cerca de esta temperatura, pero, si fuera posible comprobar también la temperatura de ebullición de la muestra (punto que no puede alcanzarse ya que la aspirina en estado líquido se descompone antes de hervir), dicha muestra podría identificarse con mayor seguridad. Si cada sustancia fundiera o hirviera a lo largo de un intervalo de temperaturas, entonces no sería posible identificar las sustancias utilizando los puntos de fusión o de ebullición.

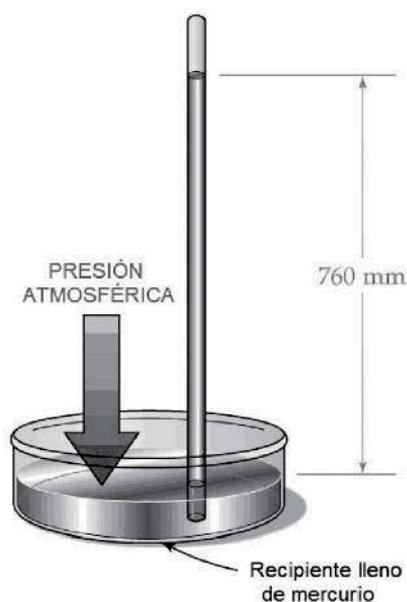


Figura 6. Barómetro de Hg.
La columna asciende 760 mm en un tubo cerrado

5.7.2. Cambio químico

Se denomina “cambio químico” a la transformación de una o más sustancias en otra u otras. Son cambios químicos (cuya denominación más corriente es la de “transformaciones químicas”) las muy complejas reacciones que se verifican al cocer un alimento y al formarse las nuevas sustancias que determinan su sabor y su

aroma (propiedades organolépticas) y a su vez estas últimas son precisamente las que ingerimos.

Por ejemplo, la extracción de metales como el hierro y el cobre a partir de sus minerales de la Naturaleza se basa en cambios químicos, y lo propio es válido para la producción de fibras sintéticas como el nylon.

En algunos casos, el cambio químico puede realizarse mediante el paso de corriente eléctrica a través de una sustancia. Este proceso se denomina “electrólisis”, procedimiento electroquímico que ha permitido realizar muchos descubrimientos importantes para el desenvolvimiento de la humanidad. Por ejemplo, cuando el químico inglés Humphry Davy (1807) efectuaba un estudio sistemático de la electrólisis, descubrió nuevos metales tales como el sodio (Na) y el potasio (K). Además, la electrólisis constituye el fundamento de industrias químicas de importancia, tal como la obtención del metal aluminio a partir del óxido de aluminio. También se utiliza industrialmente este proceso para convertir la salmuera (disolución de cloruro de sodio, NaCl) en hidróxido de sodio (NaOH) y dicloro (Cl₂); además, es el único procedimiento disponible para producir el gas difluor (F₂), que se emplea en la refinación del uranio utilizado en las centrales nucleares.

5.7.3. Propiedades organolépticas

Son aquellas propiedades que se evalúan por medio de los sentidos; revisten importancia por ejemplo en el caso de ciertos productos que no sólo deben presentar características adecuadas para la calidad (propiedades químicas, físicas, microbiológicas, toxicológicas) sino que, además deben “gustar”.

Los sentidos involucrados son los siguientes.

Respecto de la vista:

- *aspecto*, ¿qué se observa a simple vista?; es límpido o no; presenta turbidez o no; tiene grumos o no, es un sólido cristalino o amorfo, etc.;
- *color*, en algunas situaciones se expresa la coloración que se manifiesta en la vida diaria, como ser: es verde, rojo, azul. En otras se utiliza un colorímetro que evalúa la tonalidad de manera más precisa.

Citando un ejemplo, la leche vacuna tiene una tonalidad “crema” aportada por sustancias que contienen colorantes naturales como el caroteno (anaranjados) provitamina A; mientras que la coloración de las leches de cabra y oveja es blanca mate debido a la vitamina A (retinol).

Como se verá, esta sola y primera observación va perfilando un indicio de diagnóstico parcial, ¿de qué tipo de leche se trata?

Respecto del olfato:

- *olor*: según el producto (alcohol para el perfume, furfural para bebidas), penetrante, neutro.

Respecto del gusto:

- *sabor*: dulce, amargo, salado, agrio.

Respecto del tacto:

- *textura, temperatura, rugosidad*.

Cabe aclarar que en los alimentos en muchas oportunidades aparecen olores y sabores extraños al producto, procedentes de fuentes externas, como ser alimentos que ingirió el animal o contaminación del medioambiente.

5.8. Propiedades extensivas e intensivas

Los químicos organizan de varias maneras su conjunto de conocimientos para que éstos sean manejables. Distintas ramas de la ciencia a menudo derivan de este tipo de organización (la Biología y la clasificación de los seres vivos en especies constituyen un ejemplo notable de ello), por cuanto esto hace posible detectar la existencia de regularidades. La organización de los conocimientos constituye un primer paso para encontrar explicaciones y hacer predicciones. En tal sentido se puede clasificar de una manera útil a las propiedades en “intensivas” y “extensivas”.

- Una *propiedad extensiva* depende del tamaño de la muestra, es decir de su extensión.

- Una *propiedad intensiva* es independiente del tamaño de la muestra y señala propiedades específicas características de dicha sustancia, o del estado en el que ésta se encuentra.

A modo de ejemplo podemos decir que la masa de una muestra de azúcar es una propiedad extensiva ya que cuanto mayor sea el tamaño de la muestra, tanto mayor será la masa. A su vez, la temperatura de una muestra de agua procedente de una cuba de calefacción perfectamente agitada es una propiedad intensiva, ya que obtenemos la misma temperatura sea cual fuere el tamaño de la muestra. La densidad de una muestra también es intensiva: aunque tanto la masa como el volumen aumentan con el tamaño de la muestra y ambas son extensivas, su *relación* permanece constante. La masa de una muestra de plomo de 2 cm^3 (22,6 g) es el doble de la masa de una muestra de 1 cm^3 (11,3 g), mientras que sus densidades son iguales: $11,3 \text{ g / cm}^3$ (expresable también como $11,3 \text{ g cm}^{-3}$).

EJERCITACIÓN

Presentamos a continuación un conjunto de ejercicios destinados a consolidar el aprendizaje de los conceptos y procedimientos contenidos en los distintos capítulos de este texto. En este sentido, la resolución de ejercicios y problemas constituye

una parte esencial del proceso de aprendizaje, razón por lo cual te sugerimos que efectúes la resolución de los mismos para afianzar aprendizajes teóricos. En la ejercitación propuesta se indican las respuestas de algunos de los ejercicios que poseen resultado numérico.

Es relevante remarcar que, una vez obtenido un resultado numérico, es *muy importante* analizarlo cuidadosamente para verificar si guarda coherencia con lo que se de-sea determinar. Por ejemplo, un resultado de una masa de un átomo igual a 38 gramos, indica error en el procedimiento efectuado, dado que un átomo nunca podría tener un valor de masa tan grande.

Además, los resultados numéricos *deben expresarse* con su correspondiente unidad.

Ejercitación Unidad 5

5-1. Explicar y justificar el fenómeno que ocurre cuando el hielo se derrite.

5-2. ¿Cuáles son las propiedades físicas, químicas y organolépticas que se presentan en la información que aparece en el siguiente rótulo de una botella de jugo de naranja?

- Color: anaranjado
- Sabor: azucarado
- Densidad: $1,10 \text{ g.cm}^{-3}$
- Estado de agregación: líquido
- PH = 3,8
- Diluible con agua

5-3. Elaborar un diagrama en el que se presenten los distintos estados de agregación de la materia.

5-4. a) ¿Qué se entiende por punto de fusión y punto de ebullición? Explique brevemente qué utilidad tiene conocer dicha información.

b) Un cambio de estado, ¿es un proceso físico o químico? Fundamentar.

5-5. En un intento por caracterizar una sustancia, un químico hace las siguientes observaciones: la sustancia es un metal lustroso de color blanco plateado que funde a los 649°C y hierve a los 1.105°C , su densidad a 20°C es $1,738 \text{ g/mL}$. La sustancia arde en aire produciendo una luz blanca intensa y reacciona con cloro para producir

un sólido blanco quebradizo. La sustancia se puede golpear hasta convertirla en láminas delgadas o estirarse para formar alambres y es buena conductora de la electricidad. Clasifique las características mencionadas en propiedades físicas, químicas y organolépticas. ¿De qué sustancia se trata, sabiendo que es una sustancia elemental?

5-6. Cuáles de los siguientes sucesos se deben a cambios físicos y cuáles a cambios químicos:

a) el fósforo arde - b) un metal se calienta - c) se condensa agua sobre un metal d) se rompe una nuez - e) se disuelve azúcar en agua - f) se evapora alcohol.

5-7. Dado el punto de ebullición de las siguientes sustancias, ordenarlas en forma creciente de velocidad de evaporación, suponiendo temperatura ambiente, volúmenes iguales e idénticos recipientes:

- agua: 100 °C
- alcohol etílico: 78 °C
- éter etílico: 38 °C
- acetona: 60 °C

5-8. a) Definir las unidades fundamentales del Sistema Internacional de medidas de las siguientes magnitudes:

- longitud
- masa
- tiempo
- corriente eléctrica
- temperatura
- cantidad de sustancia
- intensidad luminosa

b) Definir para las siguientes magnitudes sus unidades derivadas:

- volumen
- velocidad
- aceleración
- fuerza
- presión
- energía
- densidad

Bibliografía

- Atkins, Peter W. *Química General*. Omega SA, 1992. Bottani, E. [et ál.]. *Química General*. Centro de Publicaciones, Universidad Nacional del Litoral, 2001. Brescia, Frank [et ál.]. *Fundamentos de Química*. Continental S, 1975.
- Brown, Theodore [et ál.]. *Química, la ciencia central*. 5ta edición. Prentice-Hall Hispanoamericana SA, 1993.
- Chang, Raymond. *Química*. 7ma edición. McGraw Hill, 2002.
- Chemical Education Material Study (editor: George Pimentel). *Química, una ciencia experimental*. Reverté, 1966.
- Moledo, L., Rudelli, M. *Dioses y demonios en el átomo. De los rayos X a la bomba atómica*. Sudamericana, 1996.
- Parry, Robert [et ál.]. *Química*. Reverté SA, 1973. Whitten, Kenneth [et ál.]. *Química General*. 5ta edición. McGraw Hill, 1998.

Unidad 6. Átomos y elementos

En el Capítulo 5 decíamos que los átomos son los componentes básicos de la materia, que ensamblados y combinados de diferentes maneras constituyen las distintas sustancias o manifestaciones de la materia. En este capítulo haremos una introducción a la estructura básica de los átomos y cómo pueden diferenciarse las distintas clases de átomos, denominadas elementos, los cuales se agrupan en la Tabla Periódica. Veremos que los átomos pueden perder o ganar electrones para convertirse en iones; asimismo, haremos hincapié en una propiedad muy importante de los átomos como es su masa, y de qué manera puede expresarse.

6.1. Los átomos

Desde tiempos ancestrales el ser humano ha examinado la naturaleza de la materia. Las ideas modernas acerca de la estructura de la materia empezaron a tomar forma a principios del siglo XIX con la teoría atómica de Dalton. Ahora se sabe que la materia está constituida por átomos, moléculas o iones. De una forma u otra, toda la Química está relacionada con estas especies (Basado en: Chang, Raymond, Química, 7ma edición 2002).

El concepto individual más importante de la Química es el concepto de átomo, partícula fundamental de la materia por ser la unidad básica constituyente de todas las sustancias. En la Figura 1 se muestra un trozo de materia y una representación microscópica de la misma, exhibiendo los átomos constituyentes.

Ya en el año 1771, la primera edición de la Enciclopedia Británica expresaba: *“átomo: en filosofía, una partícula de materia tan pequeña que no admite división. Los átomos son... los cuerpos más pequeños y se consideran como los primeros principios de toda magnitud física”*.

Las primeras pruebas experimentales sobre la existencia de los átomos fueron recopiladas en 1805 por John Dalton, quien formuló la siguiente serie de hipótesis o suposiciones:

1. todos los átomos de un elemento dado son idénticos;
2. los átomos de distintos elementos tienen masas distintas;
3. un compuesto es una combinación específica de átomos de más de un elemento y

4. en una reacción química, los átomos no se crean ni se destruyen, sino que se intercambian para producir nuevas sustancias.

Si bien en esa época se creía en la indivisibilidad del átomo, lo cual posteriormente fue dejado de lado, estas hipótesis constituyeron la base de la teoría atómica moderna.

Dalton llegó a estas conclusiones observando, investigando, formulándose preguntas sobre la existencia de los átomos (recordemos la importancia de las preguntas en el ámbito de la investigación). Decíamos anteriormente que la actividad de observación necesita de concentración, atención y paciencia (puesto que la investigación a veces nos puede llevar por caminos erróneos, recordemos la fábula del niño extraviado en el bosque). Pero, además, es importante practicar, ejercitar y sobre todo adquirir los conocimientos teóricos para realizar la investigación.

En la actualidad las técnicas experimentales han avanzado mucho y las pruebas sobre la existencia de los átomos son cada vez más directas. Por ejemplo, hoy es posible obtener imágenes de átomos individuales, como se muestra en la Figura 3. En ella se observan imágenes logradas con un microscopio electrónico especial denominado "de efecto túnel". En la parte izquierda se ve una imagen correspondiente a la sustancia grafito, donde se

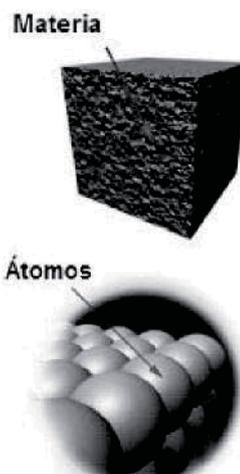
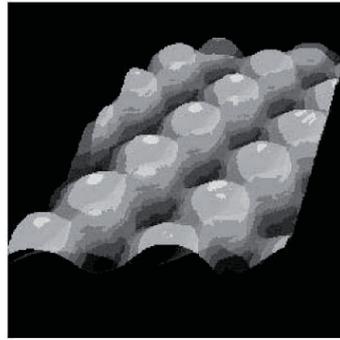
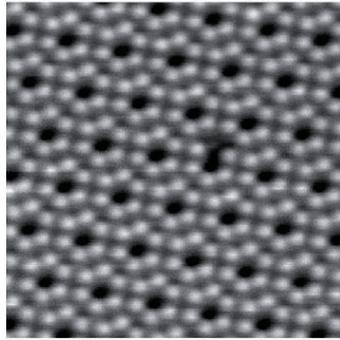


Figura.1 Materia y átomos



Figura.2 John Dalton

observa un arreglo ordenado de átomos formando hexágonos; en la parte derecha se observa una imagen de la sustancia semiconductora arseniuro de galio, GaAs, con los átomos de galio (gris oscuro) ubicados ligeramente por



debajo de los de arsénico (gris claro).

Figura .3
Imágenes
obtenidas con
microscopio

electrónico de efecto túnel, de muestras de grafito (izquierda) y de arseniuro de galio (derecha).

6.2. Estructura del átomo

Los experimentos efectuados a finales del siglo XIX y a principios del siglo XX demostraron que los átomos están a su vez constituidos por partículas de menor tamaño, denominadas partículas subatómicas, de las cuales, las más importantes para la Química son los electrones, los protones y los neutrones; los protones y los neutrones constituyen el núcleo del átomo, como se observa en el siguiente esquema.

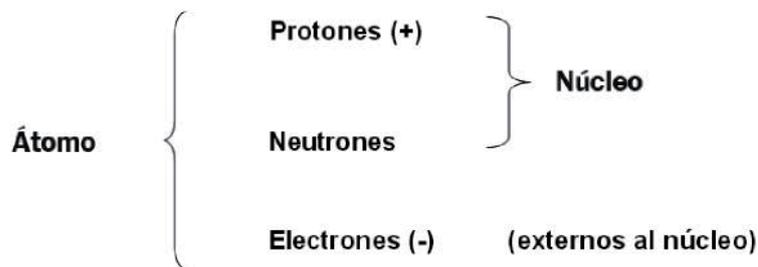


Figura 4 Estructura del átomo

Los protones y los electrones están dotados de una propiedad fundamental de la materia denominada *carga*, que se manifiesta en dos variantes: positiva, en el caso de los protones, indicada con un signo +, y negativa en el caso de los electrones, señalada con un signo -.

El valor de la carga del electrón es la misma que la del protón pero de signo opuesto. El neutrón es una partícula neutra, es decir, no posee carga.

6.3. Los electrones

A fines del siglo XIX, el físico J. J. Thomson estudió el efecto de los altos voltajes sobre los gases. Aplicó una diferencia de potencial (voltaje) entre dos electrodos (contactos metálicos) de un tubo de vidrio que contenía una pequeña cantidad de gas a baja presión (Tubo de Crookes, Figura 5). Entonces observó que un punto cercano al "cátodo" (o electrodo cargado negativamente) emitía luz. Sus observaciones

sugirieron que desde el cátodo se desplazaba un haz de partículas en dirección al otro electrodo que provocaba que el gas así excitado emitiese luz. Thomson llamó al chorro de partículas rayos catódicos. Observó que producían una mancha de luz al incidir sobre una pantalla que había sido sometida a un tratamiento especial.



Figura 5 Tubo de rayos catódicos (Crookes)

Observó, además, que se podía desplazar la mancha colocando placas cargadas eléctricamente o un imán cerca de la trayectoria de los rayos. También observó que las propiedades de éstos eran siempre las mismas, independientemente del metal que se usara para los electrodos.

La consecuencia tecnológica del descubrimiento de Thomson fue la invención del "tubo de rayos catódicos" que se usa en el televisor. La consecuencia científica fue el descubrimiento de que los rayos catódicos son haces de partículas cargadas negativamente procedentes del interior de los átomos que constituyen los electrodos. En la actualidad estas partículas se denominan *electrones* y se indican con el símbolo e o e^- . El hecho de que se obtengan partículas idénticas a partir de electrodos formados por cualquier metal sugiere que los electrones son partículas integrantes de todos los átomos.

Thomson demostró, además, que podía deducir algunas propiedades de los electrones. Llegó a medir el valor de la relación e/m , entre la carga del electrón e y su masa m . Más tarde, algunos investigadores, especialmente el norteamericano Robert Millikan, diseñaron experimentos para medir la masa y la carga por separado. Aproximadamente hacia el año 1910 se sabía que la masa del electrón es de sólo $9,11 \times 10^{-28}$ g. Esto hace que el electrón sea la más liviana de las partículas subatómicas que tienen interés para la Química, como se observa en la Tabla 1. La carga eléctrica de un electrón es de $1,60 \times 10^{-19}$ C, donde C es la abreviatura de la unidad de carga del Sistema

Internacional, el *culombio*. En vez de utilizar este valor numérico, normalmente se considera que el electrón tiene “una unidad” de carga negativa.

Tabla 1. Partículas subatómicas importantes para la Química

Partícula	Símbolo	Carga*	Masa (g)
Electrón	e	-1	$9,109 \times 10^{-28}$
Protón	p	+1	$1,673 \times 10^{-24}$
Neutrón	n	0	$1,675 \times 10^{-24}$

* Los valores de carga se expresan como múltiplos de $1,60 \times 10^{-19}$ C (siendo C = Culombio).

6.4. El núcleo. Protones y neutrones

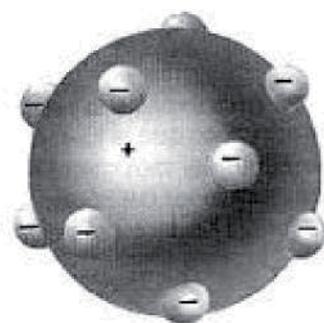


Figura 6 Modelo atómico de Thomson.

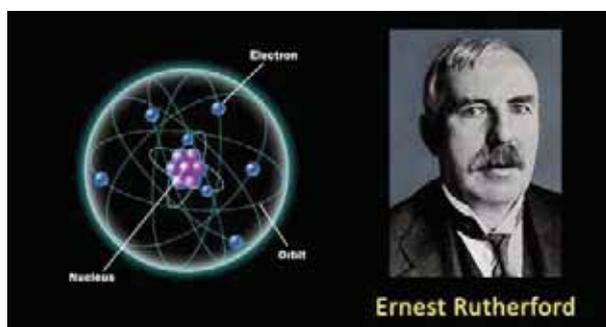
La materia corriente no es atraída ni repelida por los electrodos cargados pues los átomos no tienen una carga eléctrica neta, es decir, que son eléctricamente *neutros*. Sin embargo, el experimento de Thomson demostró que los átomos contienen electrones, que son partículas cargadas negativamente. En consecuencia, los átomos deben contener también una carga positiva suficiente como para contrarrestar las cargas negativas de los electrones. Thomson sugirió

que los electrones estaban dispersos o incrustados en una sustancia cargada positivamente, análoga a la gelatina (Figura 6).

Sin embargo, este punto de vista quedó superado al conocerse los resultados de un experimento propuesto por el científico Ernest Rutherford (1871–1937) (Figura 7), investigador neocelandés que recibió el premio Nobel en Química en 1908.

A Rutherford le interesaba el hecho de que algunos elementos, como el radio, emitiesen espontáneamente haces de partículas llamadas *partículas alfa* (partículas α). Al estudiar el comportamiento de las partículas α en presencia de

placas cargadas eléctricamente y de imanes, Rutherford identificó que estas partículas eran átomos de helio que habían perdido todos sus electrones. Dos discípulos de Rutherford, H. Geiger y E. Marsden, realizaron un experimento propuesto por Rutherford que consistía en disparar partículas α (núcleos muy pequeños de átomos de helio) sobre una muy delgada lámina de oro, cuyo espesor era de sólo unos pocos átomos. Aunque la mayoría de las partículas sólo presentaron una ligera desviación, algunas se desviaban mucho. Rutherford sugirió una estructura, llamada *átomo nuclear* para explicar esta conclusión. Propuso que toda la carga positiva y la mayor parte de la masa de un átomo están concentradas formando un conglomerado muy pequeño, el *núcleo atómico* y que los electrones se mueven alrededor de este núcleo (Figura 7). Según el modelo de Rutherford, como sucede en el caso del sistema solar, la



mayor parte del átomo está vacía y entonces el núcleo representa el papel del Sol y los electrones en su movimiento equivalen a los planetas.

Figura 7 Ernest Rutherford y su modelo atómico

Así, las partículas alfa pasan a través de los átomos de oro, que en la mayor parte de su volumen están vacíos, a menos que choquen directamente con uno de los pequeños núcleos del oro. Esto sucede en raras ocasiones y, por tanto, la mayoría de partículas α no sufren desviación alguna. No obstante, una de cada 20.000 partículas choca directamente con un núcleo de oro. Entonces la carga positiva de la partícula es repelida con fuerza por la carga positiva del núcleo, y la partícula α se desvía notablemente tras el choque. Si bien este modelo de átomo fue posteriormente modificado, aportó el concepto de núcleo, que aún hoy subsiste.

El propio Rutherford posteriormente demostró que el núcleo está formado por partículas, los *protones*, que poseen carga positiva, y sugirió que debía haber otro tipo de partícula, pero neutra, también formando parte del núcleo, la que fue descubierta luego y llamada *neutrón*. A los protones y neutrones se los denomina en conjunto *nucleones*. De acuerdo con la Tabla 3.1 un protón posee una masa 1.836 veces mayor que la de un electrón y posee una carga positiva igual en valor a la carga negativa del electrón. Un neutrón tiene casi la misma masa que un protón, pero, como su nombre sugiere, es eléctricamente neutro.

Como se verá más adelante, el número de protones en el núcleo atómico

recibe el nombre de *número atómico*, Z , de ese átomo. El físico inglés Henry Moseley fue el primero en medir números atómicos con precisión. En la actualidad se conocen los números atómicos de las distintas clases de átomos; figuran en la Tabla Periódica que posteriormente será descrita.

En un átomo eléctricamente neutro, el número de protones de su núcleo debe coincidir con el número de electrones que se encuentra por fuera del núcleo. Puesto que un átomo de hidrógeno posee un solo protón, también debe poseer un solo electrón. Un átomo de oro tiene 79 protones y 79 electrones alrededor de su núcleo, y cada átomo de uranio tiene 92 protones y 92 electrones.

6.5. Número atómico (Z) y número másico (A)

Como se mencionara anteriormente, el número atómico, Z , es el número de protones del núcleo de un átomo:

$$n^{\circ} \text{ atómico } (Z) = n^{\circ} \text{ de protones}$$

El número atómico reviste una fundamental importancia puesto que determina la identidad química del átomo. El átomo podrá estar aislado o combinado con otros, podrá perder o compartir algunos de sus electrones, o podrá tomar electrones de otros átomos. Pero como en los procesos químicos ordinarios el núcleo no se altera, mantendrá su número de protones y por lo tanto su identidad química. Cada clase de átomo con un determinado Z constituye un *elemento químico*, y cada elemento químico tiene asignado un casillero en la Tabla Periódica.

También se define el número másico o número de nucleones de un átomo, que se simboliza con la letra A , de la siguiente manera:

$$n^{\circ} \text{ másico } (A) = n^{\circ} \text{ de protones } (Z) + n^{\circ} \text{ de neutrones } (N)$$

La denominación de A y Z para estos números, muy difundida a nivel científico, trae el inconveniente de que lleva a confusión ya que la A mayúscula con que se expresa el número másico, coincide con la "A" de atómico.

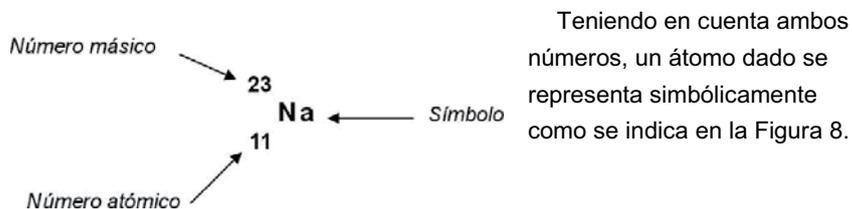


Figura 8 El número atómico y el número másico

Es importante recalcar que tanto el número atómico como el número másico son números naturales (enteros positivos) porque indican número de partículas y por lo tanto no pueden ser fraccionarios.

Los valores de A y Z y su representación son particularmente útiles en las reacciones nucleares, donde la parte fundamental que interviene es justamente el núcleo, formado por protones y neutrones. A modo de ejemplo señalamos el uso del ^{14}C en la determinación de edades de materiales antiguos (datación por carbono 14), el cual sufre la transformación de C-14 en N-14

El ^{14}C se transforma en ^{14}N , emitiéndose una radiación de tipo beta negativo, que se estudiará en cursos superiores. Como en toda reacción nuclear se cumple la conservación de la suma de los valores de A y de Z entre reactivos y productos, es decir que para A: $14 = 14 + 0$ y para Z: $6 = 7 + (-1)$.

Actividad

Observa la Tabla Periódica y responde:

- ¿Qué representa cada casillero de la tabla?
- ¿Cuál es el número de mayor tamaño en cada casillero? ¿Qué representa dicho número? ¿Cómo están ordenados los casilleros de acuerdo a dicho número?

6.6. Isótopos

Dentro de un conjunto de átomos con un mismo Z puede darse el caso de que algunos de ellos tengan distinto número de neutrones, es decir, diferente número másico. Estas distintas variedades se denominan *isótopos*, que significa *mismo lugar*, haciendo referencia a que tales átomos poseen el mismo Z, y por lo tanto les corresponde el mismo casillero en la Tabla Periódica. En esta Tabla aparecen las dis-

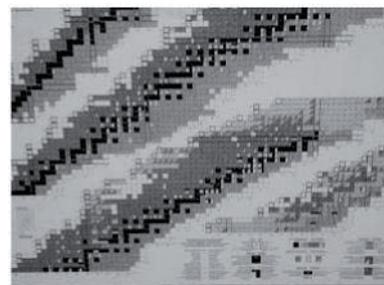
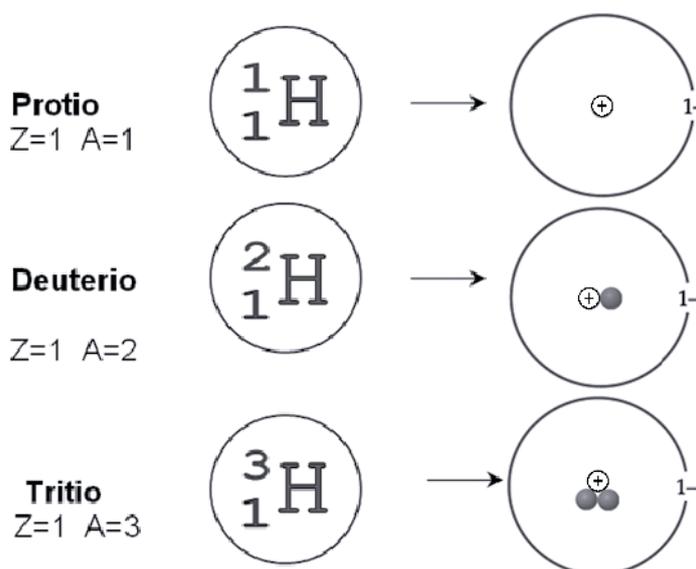


Figura 9. Tabla de núclidos

tintas clases de átomos o elementos químicos, ordenadas de acuerdo con su valor de Z, pero no se provee información sobre los distintos isótopos. Para ello debe utilizarse otra tabla especial, la Tabla de núclidos, como la que se observa en la Figura 9, que es útil particularmente para quienes trabajan con reacciones nucleares.

Por ejemplo, el elemento hidrógeno está constituido por tres isótopos, los cuales poseen un solo protón cada uno, pero distinto número de neutrones, como se observa en la Figura 10: el protio, que es el isótopo más abundante, el deuterio y el tritio.



Figuraa.10. Los isótopos del elemento hidrógeno

Otro ejemplo es el elemento uranio, que posee dos isótopos principales, cuyos símbolos son los siguientes:



Las similitudes y diferencias en sus propiedades físicas y químicas se pueden encontrar en la bibliografía sobre el tema.

Estos símbolos pueden también escribirse en forma simplificada como U-235 y U238, respectivamente. En esta simbología se omite el número atómico, que ya está implícito en el símbolo del elemento: el símbolo U está asociado únicamente con $Z = 92$. U-235 y U-238 representan a dos átomos del mismo elemento, por lo cual tienen el mismo número atómico, $Z = 92$, y el mismo

símbolo, pero poseen distinto número másico por tener distinto número de neutrones:

$$N^{\circ} \text{ de neutrones de U-235} = A_1 - Z = 235 - 92 = 143 \text{ neutrones}$$

$$N^{\circ} \text{ de neutrones de U-238} = A_2 - Z = 238 - 92 = 146 \text{ neutrones}$$

Entonces se dice que el U-235 y el U-238 son isótopos del elemento *uranio*. En ciertos casos, como por ejemplo el Be, F, Na, Al, P, Mn, Co y As entre otros, existe un único isótopo natural.

6.6.1. Abundancia de los isótopos

Un elemento puede poseer uno o más isótopos. Cada isótopo representa un determinado porcentaje del total de átomos que constituyen dicho elemento. Para los distintos elementos se ha determinado experimentalmente la proporción que le corresponde a cada uno de sus isótopos.

Por ejemplo, consideremos el elemento cobre, $Z = 29$, que presenta dos isótopos naturales, el Cu-63 ($Z = 29$, $A = 63$) y el Cu-65 ($Z = 29$, $A = 65$). Según datos experimentales, de cada 100 átomos del elemento cobre presentes en la Naturaleza, unos 69 átomos son del isótopo Cu-63, con 29 protones y 34 neutrones en su núcleo, y los restantes 31 átomos son del isótopo Cu-65, cuyo núcleo posee el mismo número de protones, pero 36 neutrones.

Esto significa que el isótopo Cu-63 presenta una abundancia natural de aproximadamente 69 % y el isótopo Cu-65 el 31 %.

En otros casos existe un predominio mucho más marcado de uno de los isótopos con relación al resto; por ejemplo, el 99,98 % de los átomos que constituyen el elemento hidrógeno son de protio (variedad de hidrógeno sin neutrones), el 98,93 % de los átomos de carbono es C-12, el 99,63 % de los átomos de nitrógeno es N-14, y el 98,76 % de los átomos de oxígeno es O-16.

6.7. Isóbaros e isótonos

A su vez, existen átomos distintos que pueden tener un mismo A , es decir, un mismo número de nucleones $Z + N$; tales átomos se denominan *isóbaros*. Por ejemplo, en la reacción nuclear se observa que tanto el carbono como el nitrógeno poseen el mismo valor de $A = 14$, y por lo tanto son isóbaros.

A modo de resumen presentamos el siguiente cuadro:

ISÓTOPOS: igual Z , distinto A

ISÓBAROS: distinto Z, igual A

ISÓTONOS: distinto Z, distinto, A igual N

Actividad

Para un isótopo dado se conocen los siguientes datos: número atómico $Z = 25$, número másico $A = 30$ y número de electrones = 23.

- ¿Cuál de estos números indica la identidad química del átomo?
 - ¿Cuál es el número de neutrones del isótopo considerado?
 - Representa este isótopo simbólicamente.
-

2.8. Los elementos

El hecho de que existen distintas clases de átomos caracterizadas cada una por su número atómico nos lleva, como vimos, al concepto de *elemento* y a la *Tabla Periódica*, en la cual cada clase de átomo posee un lugar definido. En relación con ello te proponemos la siguiente lectura.

“Dos nuevos elementos superpesados descubiertos (31 enero 2006)

Investigadores americanos, rusos y suizos consiguen una vez más expandir la tabla periódica añadiendo dos elementos superpesados.

Un grupo de investigadores suizos ha participado en el descubrimiento de dos nuevos elementos químicos. Estos elementos tienen los números 113 y 115 y han sido descubiertos en el Centro de Investigación Nuclear en Dubna (Rusia) empleando una combinación de técnicas físicas y químicas. El Instituto Paul Scherrer (PSI), con su experiencia radioquímica, ha sido crucial para el éxito del experimento. La química, en la actualidad, está traspasando los límites de los conocimientos de la ciencia. Hasta 1940 el uranio era el elemento más pesado que se conocía. Este metal, que se da de forma natural, tiene de número atómico 92 ya que su núcleo posee 92 protones cargados positivamente. Desde entonces se han descubierto más de veinte elementos con un número atómico mayor.

El nacimiento del elemento 115

Los elementos pesados se descomponen (o decaen) al emitir átomos de helio con

carga, llamados partículas alfa. Las secuencias de esta descomposición fueron empleadas por los científicos americanos, rusos y suizos para probar físicamente la existencia del elemento 115 y el producto de su descomposición después de la emisión de la primera partícula alfa, el elemento 113. Para sintetizar los átomos del elemento 115, se bombardeó un disco giratorio de americio (el objetivo) con haces de calcio. Tras una reacción de fusión entre el objetivo y el haz de partículas, nació el elemento 115. Sin embargo, su formación no bastaba para probar la existencia del elemento ya que sus átomos sólo viven durante una mera centésima de segundo y son difíciles de detectar. El experimento radioquímico demostró ser un éxito mayor ya que produjo cinco veces el número de átomos requerido.

Prueba radioquímica

Como se esperaba, el elemento 115 decayó emitiendo partículas alpha hasta convertirse en el elemento 113 y después, en emisiones posteriores de cuatro partículas alfa, se transformó en dubnio, el elemento 105. Fue en este momento cuando el elegante enfoque experimental del PSI entró en juego. Detrás del disco giratorio de americio se colocó un disco de cobre que recogía todos los átomos emitidos por el elemento 115 desde el objetivo. El disco de cobre era procesado químicamente mediante técnicas de cromatografía líquida, y se observaron 15 átomos de dubnio (que tienen una vida media de 32 horas). El patrón de descomposición de estos átomos aportó las evidencias del experimento físico. Por ello, se probó el descubrimiento del elemento 115 y su progenie, el elemento 113. Todos los elementos que tienen un n° atómico inferior a 113 ya son conocidos.

“Suiza puede celebrar un acto científico de primera magnitud, aun cuando el experimento se haya realizado en el extranjero”, comentó Heinz Gaggeler, líder del grupo de investigación helvético y jefe del Departamento de Partículas y Materia en el PSI, además de profesor de química en la Universidad de Berna. Es la primera vez que Suiza ha estado en primera línea en la carrera por expandir la tabla periódica.

Actividad

Respecto de la lectura anterior y en función de lo que ya hemos visto: ¿Qué significa el término *elemento*? ¿Qué significan los números 113 y 115 en las expresiones tales como “*Estos elementos tienen los números 113 y 115*” o “*elemento 113 y elemento 115*”? A continuación, ampliaremos estos conceptos con mayor detalle.

Como se mencionara anteriormente, el número atómico (igual al número de protones en el núcleo) posee para la Química una fundamental importancia, puesto que determina la identidad química de un átomo. Por ejemplo, supongamos una clase de átomos con número atómico igual a ocho ($Z = 8$), es decir átomos con ocho protones en su núcleo; todos esos átomos constituyen

una clase de átomo o *elemento químico*, denominado *oxígeno*. Entonces:

Elemento es una *clase de átomos* con el mismo número atómico, es decir, con el mismo número de protones en su núcleo.

Los átomos del elemento oxígeno pueden encontrarse en una enorme variedad de sustancias y materiales, como se muestra en la Figura 11, formando parte de: la sustancia dioxígeno que compone el aire que respiramos, el agua del arroyo o de las nubes en forma de vapor, los silicatos que forman parte de la montaña, y la celulosa presente en la vegetación, por sólo dar algunos ejemplos; el detalle microscópico indicado con círculos muestra en todos estos casos a los átomos de oxígeno en tono oscuro; esos átomos tienen un rasgo común: todos poseen ocho protones en su núcleo.

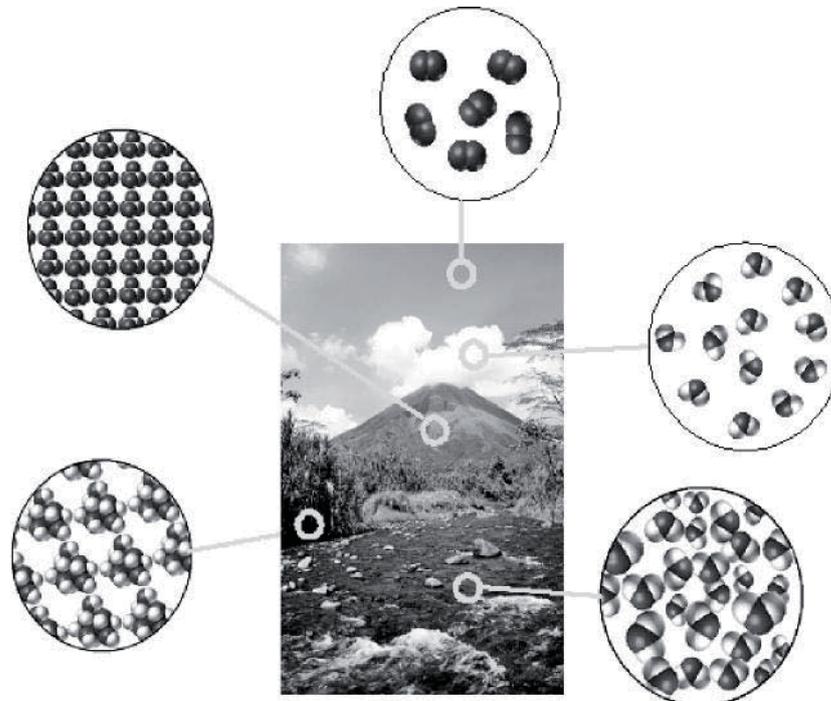


Figura 11 Todos los átomos indicados en tono oscuro constituyen el elemento oxígeno

A cada elemento o clase de átomos le corresponde un casillero de la Tabla Periódica (que describiremos enseguida) y tiene asignado un símbolo y un nombre. Podrá observarse que en cada uno de estos casilleros el número atómico es el número de mayor tamaño, en un todo de acuerdo con la importancia que el mismo posee.

Se conocen 117 elementos diferentes (el último producido es el 118 y el

117 no ha sido todavía obtenido), cada uno de ellos integrado por un único tipo de átomo; esto significa que se conocen 117 clases de átomos distintos, diferenciados unos de otros principalmente por su número atómico. Por ejemplo, el elemento hidrógeno está constituido únicamente por átomos de hidrógeno ($Z = 1$), el elemento oxígeno está integrado de modo exclusivo por átomos de oxígeno ($Z = 8$) y esto se cumple para cada uno de los elementos.

El número atómico, que define la identidad química del átomo, es igual al número de protones, pero no siempre es igual al número de electrones. Esto se debe a que un átomo, al combinarse con otros átomos, puede perder o ganar electrones en forma total o parcial, mientras que el número de protones del núcleo no se modifica en los procesos químicos ordinarios.

También se suele utilizar otra forma ampliamente difundida de definir el concepto de *elemento*:

Elemento es una *sustancia* constituida por átomos de la misma clase, es decir, con un mismo número atómico.

Desde este punto de vista, más restringido que el anterior, se le llama elemento "hierro", por ejemplo, a la sustancia formada exclusivamente por átomos de hierro, también denominada *sustancia elemental*.

Cuando se utiliza el concepto de elemento debe quedar claro a cuál de estas definiciones (o a otras similares) corresponde dicho concepto. Por ejemplo, si se utiliza la expresión "el elemento oxígeno", debe especificarse si la misma se refiere a la sustancia simple o elemental formada por átomos de oxígeno, O_2 , o a todos los átomos de oxígeno, vale decir la clase de átomos con ocho protones en el núcleo. En este sentido, resulta conveniente distinguir entre "elemento" y "sustancia elemental" y seguir las siguientes pautas:

- a) nombrar a la clase de átomo o elemento como "oxígeno" (O), "hidrógeno" (H) o "fósforo" (P), por ejemplo y,

- b) nombrar a la sustancia elemental correspondiente como "dioxígeno" (O_2), "dihidrógeno" (H_2) o "tetrafósforo" (P_4), respectivamente, es decir según su fórmula.

Cabe destacar que algunos elementos se presentan en la Naturaleza sin combinarse con otros, es decir, como sustancias elementales y son conocidos desde hace miles de años, por ejemplo el *cobre* y el *oro*.

Los nombres de algunos elementos son antiguos, ya que se los conoce desde hace mucho tiempo. Es el caso del *cobre*, nombre que deriva de *Cyprus* (Chipre), en donde era extraído de las minas, y del *oro*, que deriva de la palabra latina *aurum*. En algunos casos el nombre de un elemento refleja una propiedad característica; por ejemplo, el *cloro* se presenta como sustancia elemental gaseosa de color verde amarillento y su nombre deriva de la palabra

griega que significa dicho color. En otros casos, el nombre se refiere a dioses antiguos, personas o lugares. Por lo general, el símbolo del elemento está formado por la primera letra o por las primeras dos letras de su nombre, por ejemplo:

hidrógeno: H	helio: He
carbono: C	aluminio: Al
nitrógeno: N	níquel: Ni
oxígeno: O	silicio: Si

Como se observa la primera letra es siempre mayúscula y la segunda es siempre minúscula (por ejemplo, Ni, pero no NI). El símbolo de algunos elementos está formado por la primera letra del nombre y por una letra posterior a la segunda, como los siguientes casos:

magnesio: Mg rubidio: Rb
manganeso: Mn plutonio: Pu

La mayoría de los metales puros son sustancias elementales. Los metales comerciales e industriales, cobre, plata, oro, hierro, platino, plomo, aluminio, cinc, mercurio, níquel, uranio, magnesio, estaño y wolframio, son todos sustancias elementales. De hecho, a excepción de 22, todos los elementos conocidos tienen propiedades metálicas. Cinco de los elementos restantes (helio, neón, argón, criptón y xenón) fueron descubiertos en una mezcla de gases minoritarios cuando fueron eliminados el oxígeno y nitrógeno del aire. Estos gases «nobles» eran considerados inertes a la combinación química hasta 1962, cuando se demostró que el xenón se combina con flúor, el no metal más activo químicamente. Los demás no metales químicamente activos se presentan como sustancias elementales gaseosas (dihidrógeno, dinitrógeno, dióxígeno y dicloro), o bien como sólidos cristalinos quebradizos (carbono, octaazufre, tetrafósforo, diyodo y arsénico). Sólo hay una sustancia elemental no metálica líquida en condiciones ordinarias, el dibromo.

En virtud de lo visto hasta ahora, el átomo es la menor partícula de un elemento que posee las propiedades *químicas* características de éste. Un átomo de oro presenta las propiedades químicas del oro, un átomo de plutonio presenta las propiedades químicas del plutonio, y así sucesivamente. Pero los átomos individuales no tienen necesariamente las *propiedades físicas* de la sustancia elemental correspondiente. Así, no se puede decir que un átomo de oro “funde” o que es amarillo, como lo es la sustancia elemental oro. Esto es debido a que muchas de las propiedades físicas de las sustancias son propiedades macroscópicas, o sea, dependen del comportamiento colectivo de gran-des números de átomos. Por ejemplo, el punto de fusión de un sólido depende del comportamiento colectivo del conjunto de átomos que forman la

sustancia, a medida que pasan de la estructura rígida y ordenada del sólido a la estructura desordenada y móvil típica del líquido.

6.9. Iones

Cuando un átomo se combina con otros puede, en ciertas circunstancias, ganar o perder uno o más electrones frente a los otros átomos, con lo cual deja de ser eléctricamente neutro y se convierte en una partícula cargada, denominada *ion*. En estos casos los electrones son transferidos, es decir, un átomo los pierde y otro los acepta.

Entonces:

Si n° de electrones = n° de protones	átomo neutro
Si n° de electrones < n° de protones	ion positivo o <i>catión</i>
Si n° de electrones > n° de protones	ion negativo o <i>anión</i>

Los átomos de ciertos elementos tienen mayor facilidad para perder uno o más electrones y convertirse en cationes, por ejemplo el Li; otros, por el contrario, tienen mayor tendencia a tomar electrones y convertirse en aniones, como el F. A continuación veremos esto con mayor detalle.

6.9.1. Formación de un catión

Tomamos como ejemplo un átomo de litio neutro, el cual posee 3 protones y 3 electrones. Cuando este átomo cede un electrón sigue teniendo 3 protones, es decir, sigue perteneciendo al elemento litio, pero ahora posee 2 electrones; debido a ello adquiere una carga $1+$ y se convierte en un *ion positivo* o *catión*. Tanto el átomo de Li como el ión Li^+ se representan en la Figura 14 de manera simplificada y esquemática.

El símbolo que representa al ion formado es el mismo del elemento correspondiente y se agrega, en la parte superior derecha, un signo $+$, $2+$ o $3+$ según se trate de catión con una, dos o tres cargas positivas, respectivamente.

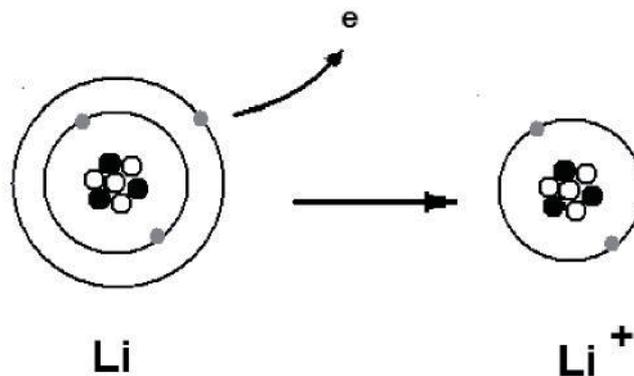


Figura 12. Formación de un catión

Algunos cationes de otros elementos pueden presentarse con cargas mayores a 1+, por ejemplo: Ca^{2+} , Al^{3+} , donde se indica que poseen dos o tres electrones menos que el correspondiente átomo neutro.

6.9.2. Formación de un anión

Cuando un átomo neutro, por ejemplo flúor (9 protones, 9 electrones), recibe un electrón (Figura 3.15), queda con 9 protones y 10 electrones; adquiere por lo tanto una carga 1 - y se convierte en una *ion negativo* o *anión*. Tanto el átomo de F como el ion F⁻ se representan en la Figura 15 de manera simplificada y esquemática.

La fórmula del anión se escribe de forma similar a la del catión pero indicando las cargas negativas.

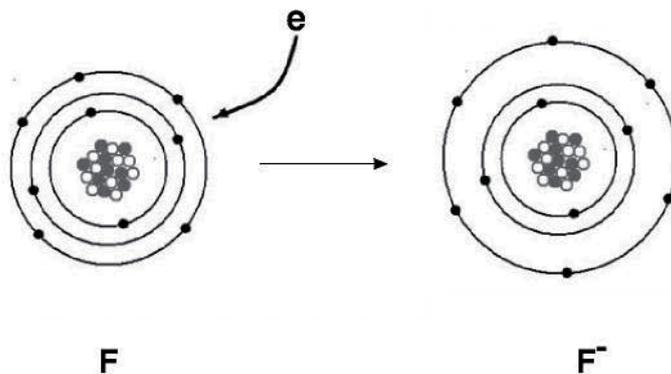


Figura 13. Formación de un anión

Los aniones de ciertos elementos pueden presentarse con cargas mayores a 1-, por ejemplo: O^{2-} , N^{3-} , donde se indica que poseen dos o tres electrones de más respecto del correspondiente átomo neutro.

Es conveniente aclarar que no todos los iones son monoatómicos sino que también existen iones positivos e iones negativos constituidos por más de un

átomo, denominados *poliatómicos* (poli = muchos). Entre ellos están, por ejemplo, el catión amonio, de fórmula NH_4^+ y el anión carbonato, de fórmula CO_3^{2-} .

En la Tabla 2 se dan ejemplos de distintos isótopos como átomos neutros o iones, como repaso de los conceptos de número atómico, número másico y número de partículas subatómicas.

Observando las Figuras 12 y 13 podemos insistir sobre un concepto sumamente importante: en ambos casos el número de protones del núcleo no cambia cuando el átomo pierde o gana electrones. Es decir que el ion formado sigue perteneciendo al elemento correspondiente, dado que la identidad química del elemento está definida por Z y no por el número de electrones.

Tabla 2. Distintos ejemplos de isótopos como átomos o iones

Símbolo	Nº Atómico	Nº Másico	Nº de Protones	Nº de Neutrones	Nº de Electrones
$^{63}_{29}\text{Cu}$	29	63	29	34	29
$^{65}_{29}\text{Cu}$	29	65	29	36	29
$^{14}_7\text{N}^{3-}$	7	14	7	7	10
$^{90}_{38}\text{Sr}^{2+}$	38	90	38	52	36
$^{16}_8\text{O}^{2-}$	8	16	8	8	10
$^{131}_{55}\text{Cs}^+$	55	131	55	76	54

6.10. Tabla Periódica de los elementos

Los elementos pueden organizarse siguiendo un esquema que hace muy fácil estudiar sus propiedades: la *Tabla Periódica*. En ella se ubican los elementos siguiendo un ordenamiento basado en el número atómico de cada uno. Entre los intentos históricos por construir una Tabla Periódica sobresale el de Dimitri Mendeleiev, quien puede considerarse como el padre de la Tabla Periódica

moderna.

Como se observa, Mendeleiev ordenó su tabla según las masas atómicas de los elementos, con lo cual surgían inconvenientes en la ubicación de algunos de ellos. Con posterioridad, sobre la base de los trabajos de Henry Moseley se pudo efectuar el orden según valores crecientes del número atómico Z en vez de usar la masa atómica, con lo cual todos los elementos encajaron en su lugar adecuado. Así surgió la Tabla Periódica moderna. Si bien la tabla de Mendeleiev sufrió modificaciones, se mantuvo el concepto de periodicidad.

La Tabla indica que las propiedades de los elementos varían de modo periódico a medida que aumenta el número de protones. El *carácter periódico* de los elementos, es decir, la repetición cíclica de las propiedades a medida que Z aumenta, es una de las características más relevantes de la materia.

En el estudio de la Química la Tabla Periódica es una herramienta fundamental, por lo que es conveniente *familiarizarse con ella desde un comienzo*. La ubicación de cada elemento en la Tabla indica sus propiedades y los tipos de compuestos que puede formar. En consecuencia, es recomendable observar la posición de cada elemento y qué otros se encuentran cerca, ya que probablemente tendrán propiedades similares y formarán compuestos semejantes.

6.11. Grupos y períodos

Como se observa en la Figura 14 la Tabla Periódica se estructura en grupos (columnas) y períodos (filas o hileras). La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) recomienda actualmente que los grupos se numeren en forma consecutiva, de izquierda a derecha, con números arábigos del 1 al 18. Esta nomenclatura sustituye a las anteriores, basadas en números romanos y letras mayúsculas. El elemento de $Z = 118$ es el de mayor valor de Z conocido hasta el presente. Los elementos hasta inclusive $Z = 111$, denominado roentgenio, de símbolo Rg, poseen nombres oficiales definitivos; a partir de allí llevan nombres provisorios, como el unumbio, nombre del elemento 112; un significa “uno” y se repite dos veces y bio significa “dos” (todos terminan en io).

Los elementos denominados Lantánidos y Actínidos (las dos filas que se observan en la parte inferior de la Figura 14) que van insertos entre La - Hf y Ac - Rf, respectivamente, se ubican separados, a los fines de acortar la presentación.

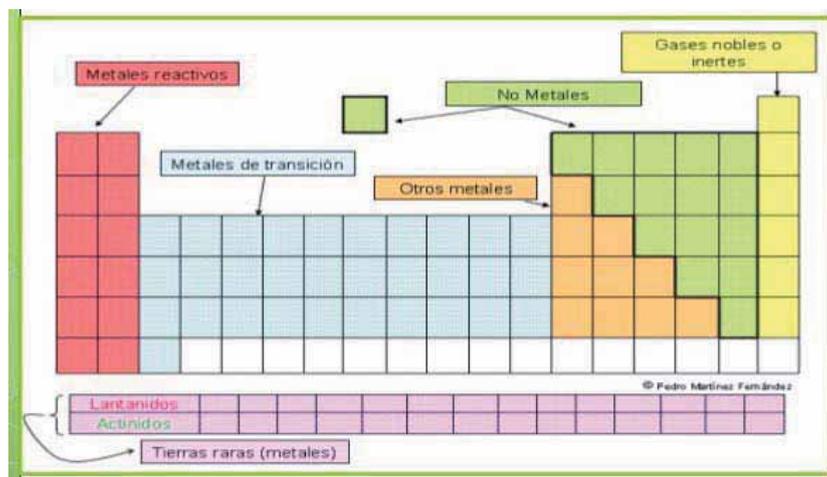


Figura 14 Esquema de la Tabla Periódica de los Elemento

Los elementos de un grupo presentan generalmente propiedades semejantes, las cuales varían en forma gradual a medida que nos desplazamos a lo largo de dicho grupo. Por ejemplo, las propiedades del sodio (Na) son similares a las de los demás elementos del Grupo 1, a saber: el litio (Li), el potasio (K), el rubidio (Rb) y el cesio (Cs). Estos cinco elementos, denominados conjuntamente metales alcalinos, presentan sustancias elementales que son metales blandos y de aspecto plateado. Todos ellos funden a bajas temperaturas: el litio a 180 °C, el potasio a 64 °C y el cesio a 30 °C y producen desprendimiento de gas dihidrógeno cuando entran en contacto con el agua; el litio lo hace de modo suave, pero el cesio con una violencia explosiva. Todos los metales alcalinos se guardan o almacenan sumergidos en sustancias derivadas del petróleo para evitar que entren en contacto con el aire o con la humedad.

Tomando como ejemplo al grupo de los metales alcalinos se puede visualizar el concepto de periodicidad. Si se parte por ejemplo del elemento Na y se recorre el período, es decir se avanza en sentido horizontal, se llega al Ar con $Z = 18$; el próximo elemento, de $Z = 19$ es el K, que tiene propiedades similares al Na por ser un metal alcalino y queda ubicado debajo del mismo, es decir se repiten las propiedades del elemento de partida.

Inmediatamente a la derecha de los metales alcalinos, Grupo 1, en la tabla periódica aparecen los metales alcalinotérreos (Grupo 2), grupo formado por berilio (Be), magnesio (Mg), calcio (Ca), estroncio (Sr), bario (Ba), y radio (Ra). Se parecen a los metales alcalinos en varios aspectos, pero reaccionan con el agua de modo menos enérgico. El calcio, el estroncio y el bario reaccionan con suficiente fuerza como para liberar dihidrógeno del agua, pero el magnesio (Mg)

sólo lo libera cuando se lo calienta; el berilio (Be) no reacciona con el agua ni siquiera al rojo vivo.

En el otro extremo de la Tabla se tiene el Grupo 18, cuyos integrantes se denominan gases nobles. Se los llama así porque tienen poca tendencia a reaccionar y forman muy pocos compuestos. Desde el punto de vista químico constituyen

un grupo aparte, aunque algunos autores los incluyen dentro de los no metales. Hasta la década de los sesenta eran llamados gases inertes, ya que se creía que no formaban compuestos en absoluto.

Desde entonces se han preparado unas pocas docenas de compuestos de kriptón (Kr), xenón (Xe), y radón (Rn) con oxígeno y flúor. Todos estos elementos del Grupo 18 son gases incoloros e inodoros y son monoatómicos dado que sus átomos no están enlazados entre sí. El neón, por ejemplo, tiene aplicación en los tubos de descarga que forman los letreros luminosos; los átomos del gas Ne presente a baja presión en el interior del tubo son excitados por la descarga eléctrica y devuelven el exceso de energía en forma de luz.

A la izquierda de los gases nobles se encuentran los *halógenos* (Grupo 17). Los más importantes son el flúor (F), el cloro (Cl), el bromo (Br) y el yodo (I). Se verá que muchas de las propiedades de los halógenos presentan una variación gradual al pasar del flúor al yodo. La sustancia elemental diflúor es un gas de color amarillo pálido, casi incoloro; el dicloro también es un gas amarillo verdoso, el dibromo es un líquido de color pardo rojizo y el diyodo es un sólido de color negro púrpuro.

Los elementos de la parte de la Tabla situada entre los Grupos 3 y 12 se denominan *metales de transición*. Incluyen los elementos hierro (Fe) y titanio (Ti), importantes desde el punto de vista de sus aplicaciones estructurales, y los metales cobre (Cu), plata (Ag) y oro (Au) utilizados para acuñar monedas. El nombre de metales de transición hace referencia al hecho de que desde el punto de vista químico constituyen una etapa intermedia, de transición, entre los metales muy activos de los Grupos 1 y 2 y los metales mucho menos activos de los Grupos 3 y 4.

6.12. Metales y no metales

Si observas cualquier Tabla Periódica notarás una línea divisoria en forma de escalera o diagonal quebrada ubicada en la porción derecha de la Tabla.

Esa línea establece una división entre *elementos metálicos o metales*, ubicados a la izquierda de la misma (con excepción del H) y *elementos no metálicos o no metales* (incluido el H), ubicados a la derecha (excepto el grupo 18 de los gases nobles). Con relación a los primeros te presentamos el siguiente texto, que trata de la importancia de los metales en el organismo humano.

Adaptado de: *Molecules at an exhibition* - John Emsley - Oxford University Press 1998. Si le preguntamos a alguien qué metales son esenciales para el organismo es muy probable que la mayoría diga hierro y cinc. Algunos podrían mencionar sodio y potasio, aunque el sodio es a menudo considerado perjudicial para el organismo; y unos pocos considerarán también al calcio. En realidad, el cuerpo humano necesita catorce elementos metálicos para funcionar adecuadamente. En orden de abundancia decreciente, tales elementos son: calcio, potasio, sodio, magnesio, hierro, cinc, cobre, estaño, vanadio, cromo, manganeso, molibdeno, cobalto y níquel. Pero por cada metal que necesitamos, hay otro que nuestro cuerpo contiene y sin el cual podríamos vivir igual. Estos metales no poseen ningún propósito conocido, pero vienen con el alimento que ingerimos, el agua que bebemos y el aire que respiramos, y nuestro cuerpo los absorbe, confundiéndonos con otros elementos más útiles. Como resultado encontramos que un adulto promedio contiene cantidades medibles de aluminio, bario, cadmio, cesio, plomo, plata y estroncio. Hay también trazas de muchos otros, incluyendo oro y uranio.

El metal más abundante en el cuerpo humano es el calcio, del cual un adulto promedio de 70 kg tiene alrededor de 1 kg, 99 % del cual se encuentra en los huesos. En ciertas etapas de nuestra vida es vital asegurar una adecuada ingesta de calcio, por ejemplo durante el crecimiento.

Luego del calcio los dos elementos más comunes son potasio y sodio, que participan en la producción de señales eléctricas que transmiten impulsos nerviosos hacia y desde el cerebro.

Actividad

- Confecciona una lista de los elementos que se mencionan en el texto.
- Localiza cada uno de ellos en la Tabla Periódica ¿en qué zona, respecto de la diagonal escalonada, se encuentran dichos elementos?

En general los *metales* son elementos cuyos átomos, al combinarse con otros, tienen una gran tendencia o facilidad de perder o ceder electrones, y quedar entonces en estado de oxidación positivo (ver cap. 4), especialmente como cationes. Así el Na o el Ca por ejemplo, pierden uno o dos electrones respectivamente, y quedan como cationes, Na^+ y Ca^{2+} respectivamente; es el único estado en que se encuentran estos elementos en la Naturaleza.

Las sustancias elementales de los metales tienen ciertas propiedades características: conducen la electricidad, poseen un brillo típico llamado "brillo metálico", y son maleables (pueden extenderse en láminas delgadas) y dúctiles (pueden alargarse para formar hilos). El sodio, por ejemplo, conduce la electricidad, posee brillo metálico recién acabado de cortar, es maleable y razonablemente dúctil. Es de remarcar que los metales del organismo humano, como se presentan en la lectura anterior, no se encuentran como sustancias elementales sino en distintos estados de combinación.

Los *no metales*, por su parte, son elementos cuyos átomos poseen una gran tendencia a ganar o tomar electrones, quedando así en estado de oxidación negativo, por ejemplo como aniones. Por ejemplo, los átomos de oxígeno, cuando actúa frente a metales tienen tendencia a quedar como O^{2-} .

Las sustancias elementales de los no metales no conducen bien la electricidad ni son maleables ni dúctiles. Por ejemplo el octaazufre, S_8 , es un sólido frágil de color amarillo que no conduce la electricidad, no puede extenderse en láminas delgadas y no puede alargarse para formar alambres. Además, todas las sustancias elementales gaseosas en condiciones ambientales son de no metales.

La divisoria que representa la línea diagonal quebrada entre metales y no metales constituye una característica relevante de la Tabla Periódica, y pone en evidencia una de las primeras aplicaciones de la misma: al observarla se puede decir si un elemento es un metal o un no metal. Por ejemplo, es posible que nunca se haya oído hablar del talio (Tl), pero su posición en la tabla periódica nos indica que es un metal.

De todos modos la línea quebrada no representa una división tajante entre metales y no metales, dado que en adyacencias de la misma hay ubicados ciertos elementos que suelen ser denominados *metaloideos*, cuyas propiedades son intermedias entre las de los metales y las de los no metales; estos elementos son B, Si, Ge, As, Sb, Te, Po y At. Es común que los metaloideos sean denominados también “semimetales”, aunque algunos autores consideran que ambos términos no son sinónimos.

6.13. La masa de los átomos

Además de lo ya mencionado, otra muy importante propiedad de los átomos es su *masa*, la cual se relaciona con el número de partículas subatómicas que lo componen, principalmente los nucleones. Los átomos son partículas extraordinariamente pequeñas; por ejemplo, aun la más insignificante mota de polvo apreciable a simple vista contiene unos 10 mil billones de átomos (10^{16} átomos). Por ello, resulta claro que no se puede medir directamente la masa de un átomo tal como se haría con un objeto en una balanza. Pero sí existen técnicas experimentales que permiten obtener un valor de masa relativo, es decir, la relación que existe entre la masa de dicho átomo y la de otro átomo que se toma como referencia.

El átomo elegido como referencia se fue modificando históricamente; primero fue el hidrógeno, luego el oxígeno y en la actualidad es el isótopo más abundante del elemento carbono, el C-12, un átomo de carbono cuyo núcleo posee 6 protones y 6 neutrones. A este isótopo se le asigna, por definición, una masa de 12 unidades, cada una de las cuales se denomina *uma*, unidad de masa atómica:

12 masa de 1 átomo de ${}_{6}\text{C} = 12 \text{ u m a}$

entonces 1 *uma* corresponderá a la doceava parte de la masa de dicho átomo.

Por ejemplo, no se puede determinar la masa de un átomo del isótopo Na-23 pero sí hallar experimentalmente que su masa es 1,916 veces la masa de un átomo de C-12.

Por lo tanto,

masa de Na-23 = 1,916 x masa C-12 = 1,916 x 12 *uma*

masa de Na-23 = 22,99 *uma*

Asimismo, para el elemento cloro se determina que los isótopos Cl-35 y Cl-37 poseen, respectivamente, 2,914 y 3,079 veces la masa del C-12, con lo cual:

masa de Cl – 35 = 2,914 x masa C-12 = 2,914 x 12 *uma* = 34,97 *uma*

masa de Cl – 37 = 3,079 x masa C-12 = 3,079 x 12 *uma* = 36,95 *uma*

Como se observa, ambos isótopos poseen masas distintas y aproximadamente iguales al triple de la masa del átomo de C-12.

Si un elemento posee una sola variedad isotópica natural, como por ejemplo el flúor, la masa atómica del elemento será la del único isótopo. Pero la mayoría de los elementos presentan dos o más isótopos, cada uno de los cuales tendrá una masa atómica distinta. Entonces, ¿por qué en la Tabla Periódica aparece un único valor de masa atómica para cada elemento?

La respuesta a esta pregunta es que el valor que aparece en la Tabla Periódica es un promedio de las masas atómicas de los isótopos del elemento. Se calcula teniendo en cuenta la masa de cada uno de sus isótopos y su abundancia natural, indicados como ejemplo para el Cu en la Tabla 3.

Masa atómica relativa promedio del Cu = (0,6917 x 62,930 + 0,3083 x 64,928) uma

Masa atómica relativa promedio del Cu = 63,546 uma

Tabla 3.3 Isótopos naturales del Cu

	Isótopo	Abundancia (%)	Masa (uma)
	Cu-63	69,17	62,930
	Cu-65	30,83	64,928

Como se observa, cada isótopo aporta a la masa atómica del elemento un término que es el producto de la masa atómica de dicho isótopo por el porcentaje de abundancia dividido 100. Este resultado es el que aparece en el casillero de la Tabla Periódica correspondiente al elemento cobre, y se obtiene de manera análoga para todos los elementos. Debe observarse que, dado que este valor es un promedio, no coincide con ninguno de los valores de masa correspondientes a cada isótopo. Como puede verse en la tabla anterior, debido a que la masa atómica relativa de cada isótopo se determina experimentalmente, el valor correspondiente resulta expresado con decimales (cuyo número depende de la fuente utilizada), y por ende esto también se aplica a la masa atómica relativa promedio. La masa atómica relativa promedio, o simplemente masa atómica, no debe confundirse con el número másico. La masa atómica es un índice de la cantidad de materia que posee el átomo y se expresa con decimales.

Por su parte, el número másico indica el número de nucleones y por lo tanto es un número entero, es decir, sin decimales. Esto se ilustra en la Tabla 4 para dos de los isótopos del elemento calcio.

ISOTOPO	NUMERO ATOMICO	NUMERO MASICO	MASA ATOMICA
Ca-40	20	40	39,963 uma
Ca-42	20	42	41,959 uma

Tabla 4 El número másico es entero, la masa atómica posee decimales

De todos modos, los valores de la masa atómica y del número másico están relacionados entre sí, pues a mayor número másico mayor es el número de nucleones y por lo tanto mayor es la masa del átomo.

Cabe acotar que para los elementos desde $Z = 1$ hasta $Z = 27$ inclusive se cumple lo siguiente: si se redondea la masa atómica promedio al número entero más próximo, se obtiene el número másico A del isótopo natural más abundante.

Ejemplo: masa atómica promedio del carbono: 12,011 uma, redondeada al entero más próximo da 12, que es el número másico A del isótopo más abundante del carbono.

Actividad

En función de lo visto hasta ahora proponemos la siguiente actividad: Para el elemento aluminio indicar:

- número atómico;
- número másico del isótopo más abundante;
- número de electrones del átomo neutro y del catión de carga +3 y
- masa atómica relativa.

Actividad final del capítulo

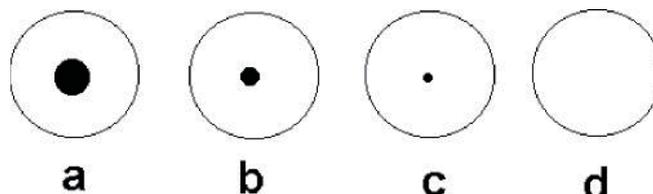
Continuando con el tema del ozono, iniciado en la parte final del Capítulo 1, presentamos un nuevo párrafo, luego del cual te proponemos una actividad relacionada con el mismo, en la que se refuerzan algunos conceptos vistos hasta aquí.

El Ozono (parte III)

El ozono es una sustancia formada por unidades (moléculas) de tres átomos de oxígeno y por lo tanto constituye otra variedad de dicho elemento, además del dióxígeno que forma parte del aire. El ozono es entonces un alótropo del oxígeno. Esta variedad alotrópica triatómica es diamagnética (no afectada por campos magnéticos), y tiene un punto de ebullición de 250,6 K, considerablemente más elevado que el del dióxígeno. El líquido es de color azul intenso y es tóxico en concentraciones superiores a las 100 partes por millón. La estructura de la molécula de ozono fue objeto de discusión durante mucho tiempo, pero distintos estudios realizados confirman la estructura angular, desechándose la cíclica anteriormente difundida.

Actividad

- ¿A cuál elemento corresponden los átomos que forman el ozono?
- El elemento a que hace referencia el inciso a posee tres isótopos naturales, que tienen, respectivamente 8, 9 y 10 neutrones. Para cada uno de ellos indica: el A, el Z, el número de protones y de electrones. Realiza el mismo análisis para el ion con dos car-gas negativas y ocho neutrones.
- ¿Cuál de las siguientes representaciones de un átomo refleja mejor la relación de tamaño entre el núcleo y la nube electrónica? Justificar la respuesta.



d) Indica las propiedades físicas, químicas y organolépticas del ozono mencionadas en el párrafo.

EJERCITACIÓN

Presentamos a continuación un conjunto de ejercicios destinados a consolidar el aprendizaje de los conceptos y procedimientos contenidos en los distintos capítulos de este texto. En este sentido, la resolución de ejercicios y problemas constituye una parte esencial del proceso de aprendizaje, razón por lo cual te sugerimos que efectúes la resolución de los mismos para afianzar aprendizajes teóricos. En la ejercitación propuesta se indican las respuestas de algunos de los ejercicios que poseen resultado numérico.

Es relevante remarcar que, una vez obtenido un resultado numérico, es *muy importante* analizarlo cuidadosamente para verificar si guarda coherencia con lo que se de-sea determinar. Por ejemplo, un resultado de una masa de un átomo igual a 38 gramos, indica error en el procedimiento efectuado, dado que un átomo nunca podría tener un valor de masa tan grande.

Además, los resultados numéricos *deben expresarse* con su correspondiente unidad.

Ejercitación Unidad 6

6-1. ¿Cómo puede describirse el proceso que debe ocurrir para que un átomo del elemento Mg se convierta en Mg^{2+} ? ¿Y para formar la especie N^{3-} a partir de un átomo de N?

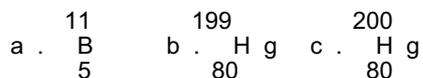
6-2. a. ¿Cuántos neutrones tiene el isótopo Zn-68? *Respuesta: 38.*

b. ¿Qué tienen en común y qué tienen de diferente los isótopos de $A = 35$ y $A = 37$ del elemento cloro?

6-3. Con respecto al elemento cuyo $Z = 79$:

- ubícalo en la Tabla Periódica, ¿de qué elemento se trata?
- ¿en qué grupo y período de la Tabla Periódica se encuentra?
- ¿en qué zona de la Tabla Periódica se encuentra?
- indica su número atómico y su masa atómica
- ¿por qué la masa atómica no es un número entero?

6-4. Indica el número de protones, de neutrones y de electrones para cada una de las siguientes especies:



Respuesta: a) 5 p, 6 n, 5 e.

6-5. En este capítulo se han señalado dos formas habituales de definir el concepto de elemento químico. Analiza a cuál de dichas definiciones corresponde cada uno de los siguientes enunciados:

- a) si se hace reaccionar dioxígeno y dihidrógeno gaseoso en presencia de una chispa eléctrica se produce agua;
- b) el agua oxigenada está formada por hidrógeno y oxígeno;
- c) el hidrógeno se encuentra en estado gaseoso en condiciones ambientales;
- d) una importante propiedad de los átomos de flúor es su elevada electronegatividad;
- e) el sodio metálico reacciona con el agua produciendo hidróxido de sodio en solución y gas hidrógeno;
- f) el oxígeno forma el anión O²⁻;
- g) el dioxígeno presenta carácter oxidante;
- h) los metales presentan brillo, conductividad eléctrica, conductividad térmica;
- i) los átomos de los metales poseen una marcada tendencia a perder electrones.

6-6. Completa la siguiente tabla:

Ion	Número Atómico	Número Másico	Número de n	Número de p ⁺	Número de e ⁻	Carga eléctrica
$\begin{matrix} 24 \\ 12 \\ \text{Mg}^{2+} \end{matrix}$		24				
$\begin{matrix} 19 \\ 9 \\ \text{F}^{-} \end{matrix}$			10		10	
			20	19	18	
		32		16		2-
			14		10	3+
$\begin{matrix} 81 \\ 35 \\ \text{Br}^{-} \end{matrix}$		81				
$\begin{matrix} 22 \\ 11 \\ \text{Na}^{+} \end{matrix}$		22				

6-7. ¿Qué diferencia hay entre el número de átomos contenidos en 50 gramos de N₂ gaseoso y en 50 gramos de N₂ líquido? ¿Por qué?

Bibliografía

- Atkins, Peter W. Química General. Omega SA, 1992. Bottani, E. [et ál.]. Química General. Centro de Publicaciones, Universidad Nacional del Litoral, 2001. Brescia, Frank [et ál.]. Fundamentos de Química. Continental S, 1975.
- Brown, Theodore [et ál.]. Química, la ciencia central. 5ta edición. Prentice-Hall Hispanoamericana SA, 1993.
- Chang, Raymond. Química. 7ma edición. McGraw Hill, 2002. Chemical Education Material Study (editor: George Pimentel). Química, una ciencia experimental. Reverté, 1966.
- Moledo, L., Rudelli, M. Dioses y demonios en el átomo. De los rayos X a la bomba atómica. Sudamericana, 1996.
- Parry, Robert [et ál.]. Química. Reverté SA, 1973. Whitten, Kenneth [et ál.]. Química General. 5ta edición. McGraw Hill, 1998.

