CARRERA DE NATUROPATÍA

PRIMER CICLO

Bioquímica

Copyright 2024 I Instituto Superior Tecnológico Dr. Misael Acosta Solís I Todos los derechos reservados

Autores
MSc. Fausto Contero
Lic. Masherlyn Gavín Quishpe. Mgs.

Edición:
Segunda

Editorial:
Instituto Superior Tecnológico Dr. Misael Acosta Solís

Créditos:
• Tnlgo. Jorge Barrera Ramos
• Dra. María Alba Acosta Acosta

Revisión de contenidos (pares):
• MSc. Diego Vinueza
• Mgs. Esther Cajamarca

Revisión y correción externa
• Dra. María Gabriela Oña Velástegui

Diseño y diagramación:
• Mgtr. Gabriela Puentes
• Lic. Bryan Daniel Ortega
• Ing. Alex Santillán Aguirre

ISBN:
978-9942-7024-3-2

Riobamba - Ecuador

CONTENIDO

Introducción a la botánica 05
Orientaciones generales para el estudio 06
Objetivo 07
Planificación del aprendizaje 08

09 UNIDAD 1

1. Introducción al estudio de la botánica 10
Introducción 10
Objetivo 10
1.1. La botánica como ciencia 11
1.2. Definición de botánica 14
1.3. Clasificación de la Botánica 14
1.4. Campos de interés para la naturopatía 17
1.5. Botánica estructural 18
1.5.1. Particularidades 19
1.5.2. Histología vegetal 22
1.5.3. Órganos de una planta vascular 24
1.5.3.1. La raíz 24
1.5.3.2. El tallo 30
1.5.3.3. La hoja 36
1.5.3.4. La flor 43
1.5.3.5. El fruto 51
1.5.3.6. La semilla 57
ACTIVIDADES RECOMENDADAS 64

65 UNIDAD 2

2. Botánica sistemática 66
Introducción 66
Objetivo 66
2.1. Nomenclatura y taxonomía 67
2.1.1. Reino Plantae 68
2.1.2. Características generales 70
2.1.3. Importancia 71
2.1.4. Divisiones de interés para la naturopatía 72
2.1.4.1. División Bryophyta 72
ACTIVIDADES RECOMENDADAS 125

126 UNIDAD 3

3. Botánica aplicada 126
Introducción 127
Objetivo 128
3.1. Conceptos básicos 129
3.1.1. Bases de farmacología 130
3.1.2. Formas farmacéuticas y vías de administración 132
3.1.3. Fases del efecto farmacológico 135
ACTIVIDADES RECOMENDADAS 141

4. Metabolismo vegetal 143
Introducción 143
Objetivo 144
4.1. Metabolitos primarios 145
4.2. Metabolitos secundarios 155
ACTIVIDADES RECOMENDADAS 179

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA 180
BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA 180

INTRODUCCIÓN A LA QUÍMICA Y LA BIOLOGÍA

Antecedentes y campo de estudio de la química

Definición

Todo cuanto existe en nuestro universo está formado de partículas materiales, o deriva de procesos que ocurren en estas partículas. Es por ello que, si queremos lograr un buen entendimiento de todo aquello que se encuentra a nuestro alrededor, y dentro de nosotros, requerimos obligatoriamente estudiar química.

Por definición, la QUÍMICA es la ciencia que estudia a la MATERIA, es decir:

- Su estructura (¿de qué está hecho un objeto?)
- Sus transformaciones (¿qué le sucede a un objeto cuando cambian las condiciones a las que está sometido?
- Sus interacciones (¿qué producen las mezclas de sustancias?) (1).

Entonces, ¿qué no es objeto de estudio de la química?

La Química tradicional no estudia la energía como tal, fenómenos como la luz, el sonido, las radiaciones, el calor, etc., no están formados de partículas materiales (átomos), sino de vibraciones. Es por ello que, por ejemplo, la luz no tiene masa ni peso, ni ocupa un volumen en el espacio. Los diferentes tipos de energía son estudiados de manera clásica por la Física.

Mientras más profundamente miramos en la estructura de los objetos, los límites entre la química y la física van desapareciendo, ya que podemos concluir que la materia, a un nivel subatómico, no es más que una forma de energía.

¿Por qué decimos que la química es una ciencia?

Una ciencia es el conjunto ordenado y sistematizado de los conocimientos que se poseen respecto a un tema específico, y que contienen la base teórica para explicarlo. Así reconocemos como ciencias, por ejemplo, a la química, la física, la biología, la anatomía, la geología, etc.

¿Por qué debemos estudiar química?

Todas las carreras que se relacionan con el mundo material tienen a la química como su ciencia central, sin importar si se estudia el cuerpo humano, las plantas, los animales, el suelo, etc. Y esto es porque todo cuanto nos rodea está formado por compuestos químicos, cuyas unidades fundamentales obedecen a las mismas leyes en todo nuestro universo.

Nuestras interacciones con el mundo material hacen surgir preguntas fundamentales acerca de las cosas que nos rodean. ¿Qué composición y propiedades tienen? ¿Cómo interactúan con nosotros y con el entorno? ¿Cómo, por qué y cuándo cambian? Estas preguntas son importantes sea que el material forme parte de un chip de computadora de alta tecnología, un pigmento empleado por un pintor del Renacimiento, o el ADN que transmite información genética en nuestro cuerpo. La química proporciona respuestas a éstas y a innumerables preguntas más.

La comprensión actual que tiene nuestra civilización sobre la naturaleza de la materia ha dado lugar a que incluso se haya podido manipularla a nivel de laboratorios para crear sustancias artificiales o modificar las naturales de manera que tengan las propiedades que queramos. Es así que contamos con plásticos y derivados, materiales de construcción, medicamentos, plaguicidas, etc., que han facilitado nuestros modernos estilos de vida, e incluso han logrado incrementar la esperanza de vida de las poblaciones. Sin embargo, el mal uso y el abuso de muchos de estos productos han tenido graves implicaciones para el medio ambiente y la salud.

Dentro de la naturopatía, y el estudio de las terapias naturales, el conocimiento de la química es fundamental para:

- Comprender la composición de materiales que usamos diariamente con fines terapéuticos, como el agua, las plantas medicinales, el suelo, los minerales, etc.
- Preparar una sustancia medicinal, para que cumpla con los fines deseados.
- Comprender la composición de los nutrientes que adquirimos en la alimentación diaria, y cómo son aprovechados por el organismo.
- Comprender cómo está formado nuestro cuerpo a un nivel celular, de qué manera interactúan las moléculas para mantener las funciones vitales, y cómo su desequilibrio puede provocar trastornos en la salud. (2)

Antecedentes históricos de la química

Desde la prehistoria, los fenómenos químicos han estado presentes en la vida del hombre. Se podría decir que el control del fuego fue el primer acontecimiento en el que el ser humano aprendió a aprovechar una reacción química a voluntad, aún sin lograr entender este proceso.

La combustión es un tipo de reacción química, ya que partimos de un combustible, como la madera, que al prenderse en llamas alimentadas por un comburente (oxígeno), produce anhídrido carbónico, vapor de agua y calor, quedando además un resto de sales minerales y otras sustancias (cenizas).

Durante los albores de la civilización, el ser humano explicó los acontecimientos naturales que observaba atribuyéndolos a la acción de seres mágicos o divinos. Fue en el período de la Grecia clásica en el que los filósofos empezaron a tratar de explicar la realidad sin recurrir a historias mitológicas, sino apoyándose en el razonamiento. Así, se menciona a los filósofos Leucipo

de Mileto (siglo V a.C) y Demócrito (460 – 370 a.C.) como los primeros que se preocuparon en tratar de explicar la naturaleza de la materia.

Su razonamiento partió de algo muy simple: si un objeto es cortado en dos, se obtienen dos partes del mismo objeto que tienen idénticas propiedades. A su vez, cada parte puede ser cortada en dos, luego en dos, luego en dos, y así sucesivamente hasta que finalmente se obtenga una parte tan pequeña que ya no pueda ser dividida. Demócrito llamó a esa parte átomo, que significa "sin división", y esbozó su famosa teoría atómica, que en resumen dice:

- Los átomos son eternos, indivisibles, homogéneos, incomprensibles e invisibles.
- Los átomos se diferencian en su forma y tamaño.
- Las propiedades de la materia varían según el agrupamiento de los átomos.

A pesar de la gran exactitud que tienen estas primeras consideraciones sobre la naturaleza del átomo respecto a lo que conocemos actualmente, hoy sabemos que los átomos pueden dividirse, y que están compuestos de partículas aún más pequeñas, conocidas como partículas subatómicas.

Desde el 300 a. C. hasta el 1500 d. C., se puede hablar del período de la alquimia (del árabe Al-kimiyā), época en la cual, los alquimistas egipcios, persas, romanos, chinos y árabes se dedicaron a descubrir procedimientos que les permitan intentar transformar la materia a su antojo. Estos primeros científicos eran en parte filósofos, pero también practicantes de ocultismo y ciencias secretas.

Los principales objetivos de la alquimia fueron:

- Trasmutar metales en oro, con el descubrimiento de la famosa "piedra filosofal"
- Descubrir la "panacea", un elixir que sería capaz de curar todas las enfermedades, e incluso de lograr la inmortalidad de quien lo use

- Crear un ser humano por medios enteramente artificiales, lo que se conoce como un “homúnculo”.

¿Se puede obtener oro a partir de otros metales? La ciencia moderna ha logrado obtener átomos de oro a partir de átomos de otros elementos. Sin embargo, el proceso es tan complicado que su costo supera a cualquier ganancia que se pudiera obtener por el metal precioso resultante.

Que se tenga noticia, los alquimistas nunca lograron llegar a tales objetivos, pero en su experimentación lograron notables avances en el campo de la química.

- Lograron diferenciar muchos elementos químicos, en una época en la que se creía que todo en el mundo estaba materialmente formado por solo los 4 elementos: aire, tierra, agua y fuego. Incluso le dieron a cada elemento su nombre y su símbolo.
- Inventaron muchos materiales y procedimientos que hasta hoy se usan diariamente en los laboratorios de investigación, como la fermentación, digestión, calcinación, extracción, etc.
- Descubrieron una gran variedad de sustancias útiles, como pigmentos, explosivos, desinfectantes, ácidos, álcalis, etc.

Un famoso alquimista suizo que hizo grandes aportes a la historia es Paracelso (1493-1541). Sus investigaciones se centraron en descubrir cómo mantener y recuperar la salud. De acuerdo a su filosofía, el cuerpo del ser humano estaba compuesto metafóricamente de:

- **Azufre:** que representa el principio vital, anónimo e inconsciente
- **Mercurio:** que representa el alma y la consciencia
- **Sal:** que representa el cuerpo sólido, la materia

A Paracelso se le conoce como el padre de la química farmacéutica, o iatroquímica, que es el uso de compuestos químicos obtenidos por métodos

artificiales, para tratar enfermedades. Se conoce que creó medicamentos a base de sales de azufre y de mercurio.

Ya en el siglo XVII, el médico y químico alemán Georg Stahl (1659-1734) intentó explicar el fenómeno de la combustión a través de la llamada teoría del flogisto, una sustancia que pensaba, existía en todos los cuerpos susceptibles de ser quemados u oxidados, y que desaparecía durante este proceso.

LOS 4 ELEMENTOS: Aunque sabemos que realmente la materia no está constituida por solo 4 elementos, las terapias naturales los consideran un tipo de energía o de característica, especialmente a la hora de diagnosticar un trastorno de salud. Algo similar ocurre con la medicina tradicional china, que considera 5 elementos o movimientos: madera, fuego, tierra, metal y agua.

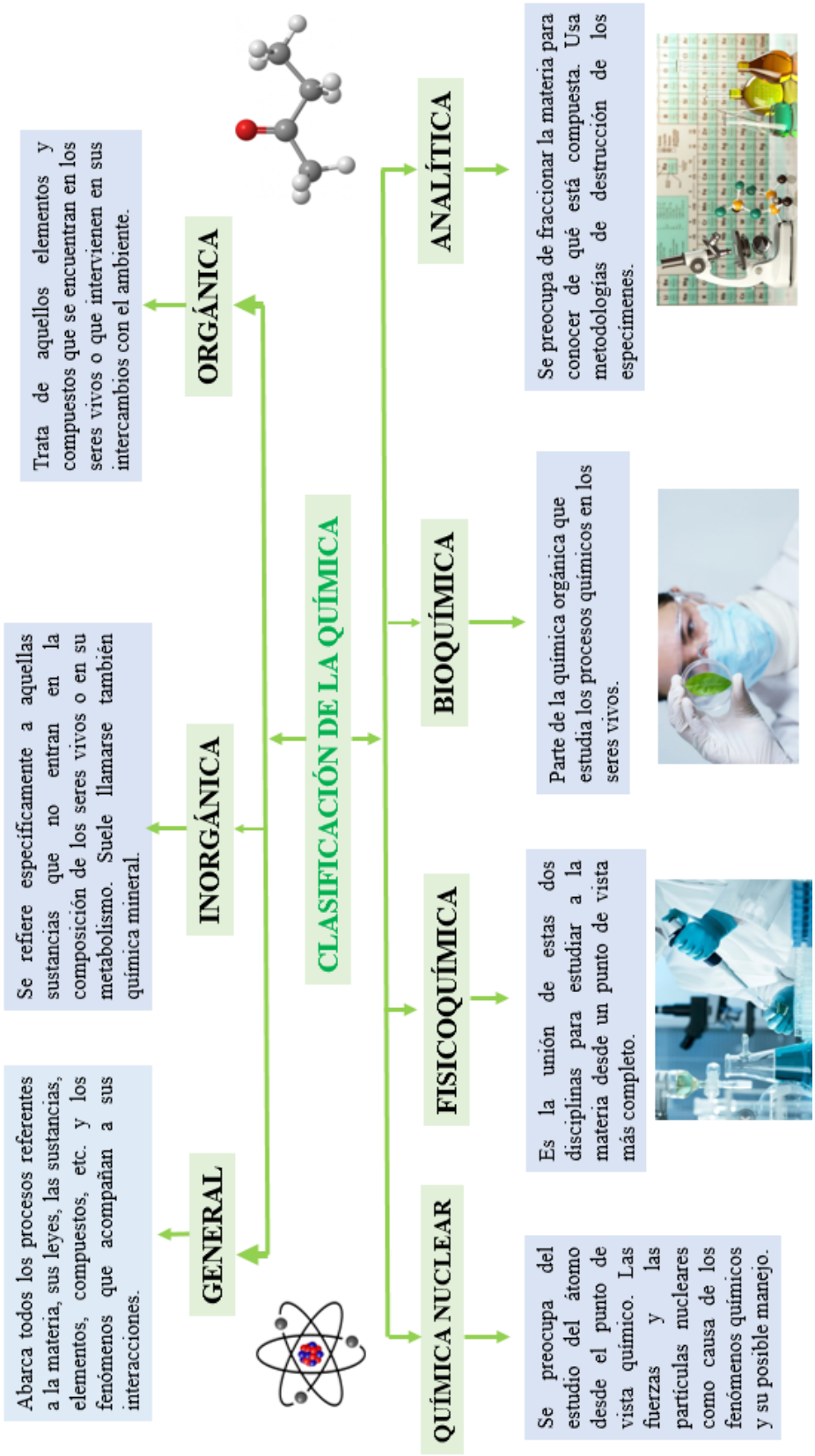
Esto se mantuvo por verdadero hasta que el químico francés Antoine Lavoisier (1743-1794) demostró experimentalmente que esta teoría es incorrecta. Usando una balanza, determinó el peso de un pedazo de hierro, y lo sometió a un ambiente en donde debía oxidarse. Si el flogisto existiera, el peso del hierro debería disminuir, ya que esta sustancia se perdería al momento de la oxidación. Pero, contrariamente a lo esperado, Lavoisier determinó que el peso del hierro aumentaba. Sus investigaciones determinaron que esto se debía a que el oxígeno de la atmósfera era el agente que propiciaba la combustión y la oxidación. Así, al unirse este gas con el hierro y formar el óxido, el material ganaba mayor cantidad de masa. De esta forma, se desestimó la teoría del flogisto, y se sentaron las bases del método científico moderno, a través del cual se hacen experimentaciones prácticas para comprobar una hipótesis.

Uno de los más grandes avances en el pensamiento acerca de la química se realizó con la síntesis de la urea en 1828, la primera sustancia orgánica que fue producida artificialmente. Hasta ese momento, se pensaba que los compuestos que eran producidos por los seres vivos, no podrían ser fabricados de modo artificial en un laboratorio, ya que su síntesis necesitaba de una “fuerza vital”. La urea es una sustancia de desecho que los animales,

incluido el hombre, produce como resultado del metabolismo de las proteínas, y que se elimina a través de la orina. Tras este avance continuaron los estudios para sintetizar otras moléculas, lo que significó un gran aporte a la producción de fármacos de origen sintético que imitan a moléculas producidas por plantas medicinales.

En la actualidad nos encontramos en una nueva era de la investigación y el conocimiento de la química: la atómica o nuclear. Los últimos avances de la tecnología nos han permitido conocer con mayor profundidad la estructura del átomo y el comportamiento de las partículas subatómicas. A esto se lo conoce como la física y la química cuántica. Mucho de este mundo está aún por descubrirse, pero cada nueva información nos permite comprender de mejor manera cómo funciona la interacción entre materia y energía, base de muchas de las terapias que corresponden a la medicina alternativa y complementaria (3).

Figura 1. Clasificación de la química. (2)



Antecedentes y campo de estudio de la biología

La biología como ciencia

La biología es la ciencia que estudia los seres vivos. Analizando esta definición, vemos dos palabras clave que debemos comprender: ciencia y seres vivos. Como se ha dicho, la biología es una ciencia, por lo que sus principios y sus métodos se construyen en base a suposiciones, que, al ser demostradas y probadas, se convierten en principios científicos. Tales principios son: la causalidad natural, que se basa en que todos los hechos pueden investigarse hasta llegar a sus causas naturales que potencialmente tenemos la capacidad de comprender; la uniformidad en el tiempo y en el espacio, que parte de que las leyes naturales que rigen los hechos se aplican en cualquier lugar y momento; y la percepción común, que se fundamenta en la suposición de que toda la gente percibe los hechos de manera parecida. Apoyados en estos principios, los científicos estudian fenómenos específicos para buscar el orden que los sostiene, con un método riguroso (4).

La ciencia se caracteriza por producir explicaciones:

- **Objetivas.** Tratan siempre de alcanzar la verdad y describen los hechos, incluso producen nuevo conocimiento en los hechos para reforzar las explicaciones.
- **Racionales.** Investiga en los temas de interés y aplica la lógica para establecer las relaciones existentes entre hechos y datos adquiridos.
- **Verificables.** Los conocimientos científicos recién adquiridos pasan a formar parte del acervo de conocimiento científico y objetivo por lo que pueden ser verificados en todo momento, por eso se dice que la ciencia es el conocimiento universal.

Antecedentes

El término Biología se le atribuye a Jean Baptieste Caballero de Lamarck en el año de 1800, en el que se pretendió concentrar las diferentes disciplinas (Botánica y Zoología), que estudiaban a los seres vivos, sin embargo, la

unificación del concepto se debe a Thomas Hernry Huxley que lo trabajó y lo contextualizó.

Sabemos que cuando una ciencia se consolida, no quiere decir que en ese momento surge, ya que el estudio de los animales y plantas se remonta a los antiguos pobladores que podían saciar su hambre o curar sus heridas con los organismos de su entorno. ¿Cuándo y a qué hora cazar? ¿Dónde localizar las plantas y animales cuando se les requerían? ¿Qué plantas eran benéficas y cuáles perjudiciales?, eran preguntas vitales para la sobrevivencia. Plantas y animales fueron siempre recursos de mucho valor para el ser humano, como se demuestra en las pinturas elaboradas en las cavernas y el aprecio que se les tenía a las personas que se dedicaban a su cuidado o cultivo en las antiguas culturas de Egipto, Mesopotamia, China y aún en el México actual. La sistematicidad de este conocimiento comienza a darse con los griegos, particularmente con Aristóteles, Teofrasto, Galeno e Hipócrates quienes dejan testimonio de sus ideas, planteamientos y observaciones (5).

La biología es una ciencia dinámica, de gran importancia en la actualidad, está siendo reestructurada constantemente en la mente de los científicos, para responder a múltiples preguntas relacionadas con el acontecer de los organismos que nos permitan conocerlos, comprenderlos y así, aprovecharlos de la mejor manera.

Las preguntas elaboradas han transformado la ciencia a lo largo de nuestra historia y le han dado el énfasis de la época. ¿Qué ventajas tiene un animal diurno sobre un nocturno? ¿Cómo viven? ¿Cómo y de qué se alimentan? ¿Cómo están estructurados y cómo funcionan?, si se enferman ¿Cómo se curan? ¿Cómo es que tienen capacidad para regenerar sus tejidos? ¿Cómo influye la capa de ozono en la vida? ¿Cómo empezó la vida y cómo se ha transformado? Muchas de éstas preguntas han sido respondidas parcialmente, algunas siguen pendientes, otras aún no se formulan, pero no se han dejado en el olvido, posiblemente la más trascendental sea la que usted

como estudiante pueda formular y que nos dé posibilidades de apreciar la magia de la vida que tiene su máxima expresión en nosotros mismos.

Los principales campos de aplicación de biología

Es una disciplina con un fuerte impacto en la vida y la sociedad, nos ayuda a entender el comportamiento de los fenómenos biológicos, la forma como se originan, la manera como se interrelacionan y los efectos que pueden tener.

En la salud

Preocupación permanente, es responder al mecanismo de trasplante de órganos, a dominar enfermedades como el cáncer, el SIDA, a desarrollar actividades preventivas contra el cólera, paludismo, a ponernos en alerta contra el mecanismo de trasmisión genética de las enfermedades como la diabetes, la hemofilia, fibrosis cística, etc. La búsqueda constante por identificar factores que favorezcan nuestra salud (4).

En la problemática ambiental

¿Qué efectos tiene la deforestación? ¿Cuál es el grado de daño que ocasionan los plaguicidas? ¿Qué impacto tendrá la sobreexplotación de los recursos marinos, forestales o de la fauna silvestre? ¿Cómo podremos detener el avance de la deforestación, de la desaparición de especies, el efecto invernadero, la lluvia ácida, o los derrames petroleros? Al parecer la Biología está abocada a resolver problemas ocasionados por nuestro estilo de vida y los excesos que nos hemos planteado con nuestra vida moderna, sin embargo, esto es solo una dimensión. Por otra parte, tenemos la tarea de conocer la riqueza natural que poseemos ya que sólo el 1% de la biodiversidad es conocida y escasamente usamos unas 100 especies de vegetales y animales a nivel mundial, cuando tenemos cerca de 40 millones de especies que aún no logramos identificar (5).

El desarrollo industrial, la voracidad de algunos cuantos, pero sobre todo la falta de educación ambiental ha provocado alteraciones en nuestro

ecosistema que finalmente repercutirá en la calidad de vida de sus habitantes.

En la producción de alimentos

La hambruna a nivel mundial es cada vez más escandalosa, se reporta la muerte de 200000 personas por hambre, en México plantea, Andrés Garay que: "El 70% de la población padece diferentes grados de desnutrición y que más de la mitad de las muertes de niños menores de cuatro años se atribuyen a secuelas de una nutrición deficiente, la amebiasis se torna 30 veces más frecuente entre los pobres y de cada 100 tuberculosos, 60 son campesinos y 30 son obreros".

De ahí que la Biología, se preocupa en desarrollar mecanismos que nos permitan producir mayor cantidad de alimentos de manera sustentable, a través de propuestas como la Agro-Biología o la Agricultura Sustentable, que cuestiona el uso indiscriminado de sustancias químicas para la producción de alimentos.

En la filosofía de la vida

Si el objetivo central de esta disciplina es el estudio de la vida, debe de preservarla, de tal manera que todo aquello que atente contra la vida es cuestionable, como, por ejemplo: ¿Se aprueba el aborto?, por lo que habremos de determinar ¿En qué momento inicia la vida de un nuevo ser? ¿Qué postura tomar ante la eutanasia y ante la pena de muerte? ¿Nos podemos erigir en autoridades que determinen quién vive o quién muere? Esta postura no sólo será cuando se habla del ser humano, pasará lo mismo con el reino animal.

Junto a esto, otras decisiones éticas son: ¿Clonamos o no clonamos? ¿Les daremos luz verde a los organismos transgénicos? ¿Qué pasará con la privacidad génica de cada uno de nosotros? ¿Servirá para determinar si somos sanos y tenemos derecho al trabajo remunerado? Y finalmente ¿A quién le pertenece la secuencia génica, al que la descifró o al medio ambiente

natural y social, que lo gestaron a lo largo de cientos de generaciones? En otras palabras, ¿el fréjol, el maíz o la papa, les pertenecen a los mexicanos, ecuatorianos o a los estadounidenses? Sin duda, muchas otras preguntas de igual relevancia han colocado un nuevo escenario en el que se mueve la biología a través de la Bioética.

ORIENTACIONES GENERALES PARA EL ESTUDIO

- Organiza tu tiempo: Establece un horario de estudio regular y asegúrate de tener suficiente tiempo para revisar los contenidos y practicar.
- Comprende los conceptos básicos: Familiarízate con la terminología y los principios fundamentales de la química, la biología y la bioquímica.
- Utiliza recursos de estudio: Utiliza diferentes recursos de estudio, como libros de texto, apuntes de clase, videos, diagramas y recursos en línea, encuentra los recursos que te resulten más útiles y efectivos para tu estilo de aprendizaje.
- Realiza resúmenes y esquemas: A medida que estudias, elabora resúmenes y esquemas que te ayuden a organizar y visualizar la información.
- Estudia de manera activa: En lugar de simplemente leer los contenidos, busca formas de estudiar de manera activa, es decir, llevando a la práctica aquellos que conoces de forma teórica, o aplicando estos conocimientos para proponer alternativas de solución a problemas concretos.
- Busca ayuda si es necesario: Si tienes dificultades con algún tema o concepto, no dudes en buscar ayuda, puedes acudir a tu docente, compañeros de clase o utilizar recursos en línea para aclarar tus dudas.
- Haz repasos periódicos: A medida que avanzas en el estudio de la asignatura, programa repasos periódicos para revisar los conceptos previamente aprendidos, esto te ayudará a consolidar los conocimientos y evitar olvidos a largo plazo.

OBJETIVO

Comprender la composición molecular de las células y las reacciones bioquímicas que se producen para el mantenimiento de la vida.

PLANIFICACIÓN DEL APRENDIZAJE

CONTENIDOS	ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE EN HORAS		
	DOCE	PRACT	AUTO
UNIDAD 1 Estructura de la materia	12	12	12
UNIDAD 2 Química orgánica y biomoléculas	12	12	12
UNIDAD 3 La célula	12	12	12
UNIDAD 4 Metabolismo	12	12	12
Total:	**48**	**48**	**48**

UNIDAD 1
ESTRUCTURA DE LA MATERIA

1: ESTRUCTURA DE LA MATERIA

Introducción

La búsqueda incansable del ser humano por comprender el mundo que lo rodea ha llevado a un profundo estudio de la estructura de la materia. Desde los albores de la ciencia, el misterio de lo que la compone y cómo se organiza a nivel más fundamental ha sido una de las cuestiones más desafiantes. En este proceso, los científicos han desentrañado secretos cada vez más asombrosos que han transformado nuestra comprensión del universo.

La estructura de la materia es un concepto fundamental en la física y la química, y ha sido explorada y definida de diversas maneras a lo largo de la historia. En la antigüedad, filósofos como Demócrito sugirieron la existencia de partículas indivisibles llamadas "átomos", aunque esta idea fue en gran medida especulativa en aquel momento. Sin embargo, a medida que avanzaba la ciencia, el descubrimiento de fenómenos como la electricidad y el magnetismo llevó a la concepción de que la materia estaba formada por partículas subatómicas en constante movimiento. Este fue un hito crucial en el desarrollo de la teoría atómica moderna.

A principios del siglo XX, un conjunto de experimentos y teorías revolucionarias, como la teoría de la relatividad de Einstein y la mecánica cuántica, cambiaron por completo nuestra comprensión de la estructura de la materia. La física cuántica, en particular, reveló un reino subatómico donde las reglas de la realidad cotidiana parecían desafiar la lógica convencional. Las partículas subatómicas, como electrones, protones y neutrones, se convirtieron en los bloques de construcción fundamentales de la materia, y sus comportamientos se describieron mediante ecuaciones matemáticas.

A medida que avanzamos en el siglo XXI, la investigación en la estructura de la materia continúa a un ritmo vertiginoso. Los

aceleradores de partículas, como el Gran Colisionador de Hadrones (LHC), han permitido a los científicos estudiar partículas aún más pequeñas y explorar energías nunca antes alcanzadas. Además, la búsqueda de la llamada "partícula de Dios", el bosón de Higgs, que confiere masa a las partículas, fue uno de los logros más notables en la física de partículas en las últimas décadas.

La química se ocupa de cómo se combinan y reaccionan los átomos y las moléculas para formar diferentes sustancias. La tabla periódica de los elementos es una representación organizada de la estructura de la materia que ha permitido a los químicos predecir y sintetizar una variedad de compuestos. Su conocimiento es esencial para la tecnología y la industria, desde la electrónica hasta la nanotecnología y la biología molecular.

Objetivo

Determinar los tipos de enlaces entre elementos para identificar la estructura molecular, usando razonamiento crítico.

1.1. La estructura atómica

Conocemos como materia a todo aquello que existe en el universo, que posee una masa y un volumen, es decir, que ocupa un lugar en el espacio.

Hasta hace algunos años se hacía una clara distinción entre materia y energía. Esto terminó en cuanto el físico alemán Albert Einstein (1877-1955) estableció su famosa ecuación:

$$\mathbf{E = mc^2}$$

Significa que la energía es igual a la masa por el cuadrado de la velocidad de la luz. Esto implica que, si se acelera una cantidad de masa al cuadrado de la velocidad de la luz, se transformaría en energía, y que la materia no es más que una forma condensada y lenta de la energía. Por ende, a un nivel estructural, materia y energía es lo mismo, pero en diversos estados. Casualmente, en la filosofía antigua de varias partes del planeta ya se hablaba de este concepto (6).

Relacionado con esto, es muy importante tener en cuenta lo que se conoce como la Ley de Conservación de la masa, que nos dice: la materia no se crea ni se destruye, solo se transforma.

La cantidad de materia que posee un cuerpo se conoce como masa, que no es lo mismo que peso. El peso es el efecto de la gravedad sobre una cantidad de masa, es decir, la fuerza con la que es atraída al centro de la Tierra (2).

El mundo que nos rodea se compone de diversos materiales, algunos vivos, otros inertes. Además, la materia cambia con frecuencia de una forma química a otra. En sus intentos por explicar estas observaciones, los filósofos desde los tiempos más antiguos han especulado acerca de la naturaleza del material fundamental del que está hecho el mundo.

Demócrito y otros filósofos griegos de la antigüedad pensaban que todo el mundo material debía estar constituido por diminutas partículas indivisibles a las que llamaron átomos, que significa “sin división”.

A medida que los químicos aprendieron a medir las cantidades de materiales que reaccionaban para producir nuevas sustancias, se sentaron las bases para una teoría atómica química.

Esa teoría nació entre 1803 y 1807 de las investigaciones de un maestro de escuela inglés, John Dalton (1766 – 1844) después de analizar un gran número de observaciones. Dalton planteó los siguientes postulados:

1. Cada elemento se compone de partículas extremadamente pequeñas llamadas átomos.
2. Todos los átomos de un elemento dado son idénticos; los átomos de elementos diferentes son diferentes y tienen propiedades distintas (incluida la masa).
3. Los átomos de un elemento no se transforman en átomos diferentes durante las reacciones químicas; los átomos no se crean ni se destruyen en las reacciones químicas.
4. Cuando se combinan átomos de más de un elemento se forman compuestos; un compuesto dado siempre tiene el mismo número relativo de la misma clase de átomos.

Según la teoría atómica de Dalton, los átomos son los bloques de construcción básicos de la materia; son las partículas más pequeñas de un elemento que conservan la identidad química del elemento (7).

1.1.1. Modelos atómicos

Dalton llegó a su conclusión acerca de los átomos con base en observaciones químicas en el mundo macroscópico del laboratorio. Ni él ni quienes le siguieron en los cien años posteriores a la publicación de sus trabajos, tenían pruebas directas de la existencia de los átomos. Ahora, en cambio, podemos usar potentes instrumentos para medir las propiedades de átomos individuales e incluso obtener imágenes de ellos.

A medida que los científicos desarrollaron métodos para sondear más a fondo la naturaleza de la materia, el átomo, que supuestamente era indivisible, comenzó a revelar indicios de una estructura más compleja. Ahora sabemos

que el átomo se compone de piezas todavía más pequeñas llamadas partículas subatómicas.

Antes de resumir el modelo actual de la estructura atómica, consideraremos brevemente algunos de los descubrimientos cruciales que dieron pie a ese modelo. Veremos que el átomo se compone parcialmente de partículas con carga eléctrica, algunas con carga positiva (+) y algunas con carga negativa (-).

Mientras estudiamos el desarrollo de nuestro modelo actual del átomo, no debemos perder de vista una sencilla regla que rige la interacción de partículas cargadas: partículas con la misma carga se repelen, mientras que partículas con carga distinta se atraen.

Un modelo atómico es la representación visual de un átomo, que permite reconocer su estructura y composición, explicando la forma en que se comportan las partículas subatómicas. Inicialmente se pensó que los átomos eran partículas compactas, idea compartida incluso por Dalton. Fue el físico inglés Joseph Thomson (1856 -1940) quien determinó experimentalmente la existencia de partículas negativas en los átomos, a las que llamó electrones. Al conocer que los átomos tienen cargas neutras, debería existir una parte con carga positiva que contrarrestara estas cargas negativas. Así imaginó que el átomo estaba formado por una esfera de carga positiva en la que se hallaban incrustados los electrones, como las pasas en un pastel. Justamente, a este modelo se lo conoce como “pastel o pudín de pasas” (7).

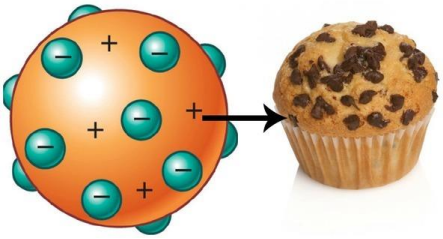


Figura 2. Modelo atómico de Thomson. (8)

Posteriormente, en 1911 el físico británico Ernest Rutherford (1871 – 1937) realizó varios experimentos acerca de las radiaciones producidas por los

átomos, a través de los cuáles determinó que los átomos poseen un núcleo en el cual se concentra su masa y su carga positiva. Determinó que el radio de este núcleo es de $1x10^{-12}$ cm, y el radio del átomo es de $1x\ 10^{-8}$ cm, de manera que los electrones se encuentran distanciados del núcleo. Así se puede determinar que el volumen ocupado por un átomo es en gran parte un espacio vacío.

De esta forma, se desestimó el modelo de Thomson y apareció el modelo que hoy universalmente asociamos con el átomo, es decir, los electrones girando alrededor de un núcleo como si fuera el sistema solar, con los planetas girando alrededor del sol.

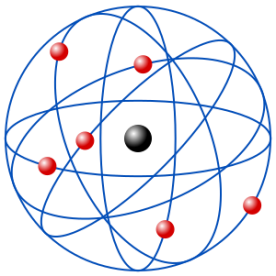


Figura 3. Modelo atómico de Rutherford. (9)

Otros avances científicos de la época dieron más luces acerca de la composición más interna de la materia, como el descubrimiento de los cuantos y fotones por el físico alemán Max Plack (1858-1947). Esto dio lugar a que el físico danés Niels Bohr (1885 - 1962) propusiera un modelo más exacto, a través de tres postulados: los electrones se mueven alrededor del núcleo en trayectorias definidas llamados órbitas; los electrones están ubicados en niveles definidos de energía, siendo los más cercanos al núcleo los menos energéticos; y cuando los electrones se mueven de un nivel a otro, ganan y pierden energía. También determinó que los electrones se mueven en forma de ondas, algo que fue confirmado por otros investigadores, como Louis de Broglie (7).

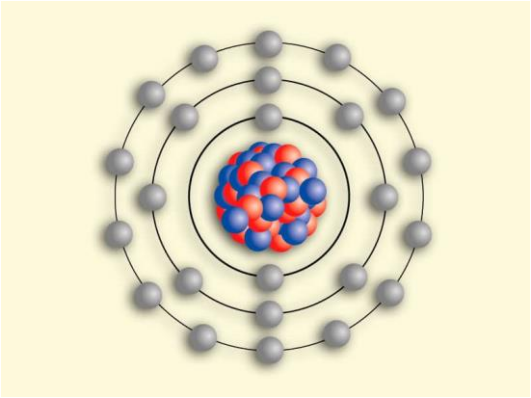


Figura 4. Modelo atómico de Bohr. (10)

Nuevos descubrimientos llevados a cabo por el físico alemán Werner Heisenberg (1901-1976), a través de su famoso principio de incertidumbre, determinaron que no es posible conocer al mismo tiempo la velocidad y la posición de un electrón dentro del átomo, o sea, no se puede predecir su recorrido. Por tanto, la imagen de los electrones girando como planetas alrededor del sol no es tan exacta, y más se debería considerar su movimiento en diversos niveles y subniveles de energía determinados, que conforman algo llamado una nube electrónica. Este es el modelo más actual que resume los postulados anteriores, y que finalmente fue propuesto por el físico austriaco Erwin Schrödinger (1887 – 1961), como modelo mecánico ondulatorio, o de la mecánica cuántica (7).

Desde la época de Rutherford, los físicos han aprendido mucho acerca de la composición detallada de los átomos. En el curso de estos descubrimientos, la lista de partículas que constituyen los átomos se ha incrementado y continúa creciendo. Para nuestro estudio, podemos adoptar una visión muy sencilla del átomo porque sólo tres partículas subatómicas **el protón, el neutrón y el electrón** afectan el comportamiento químico.

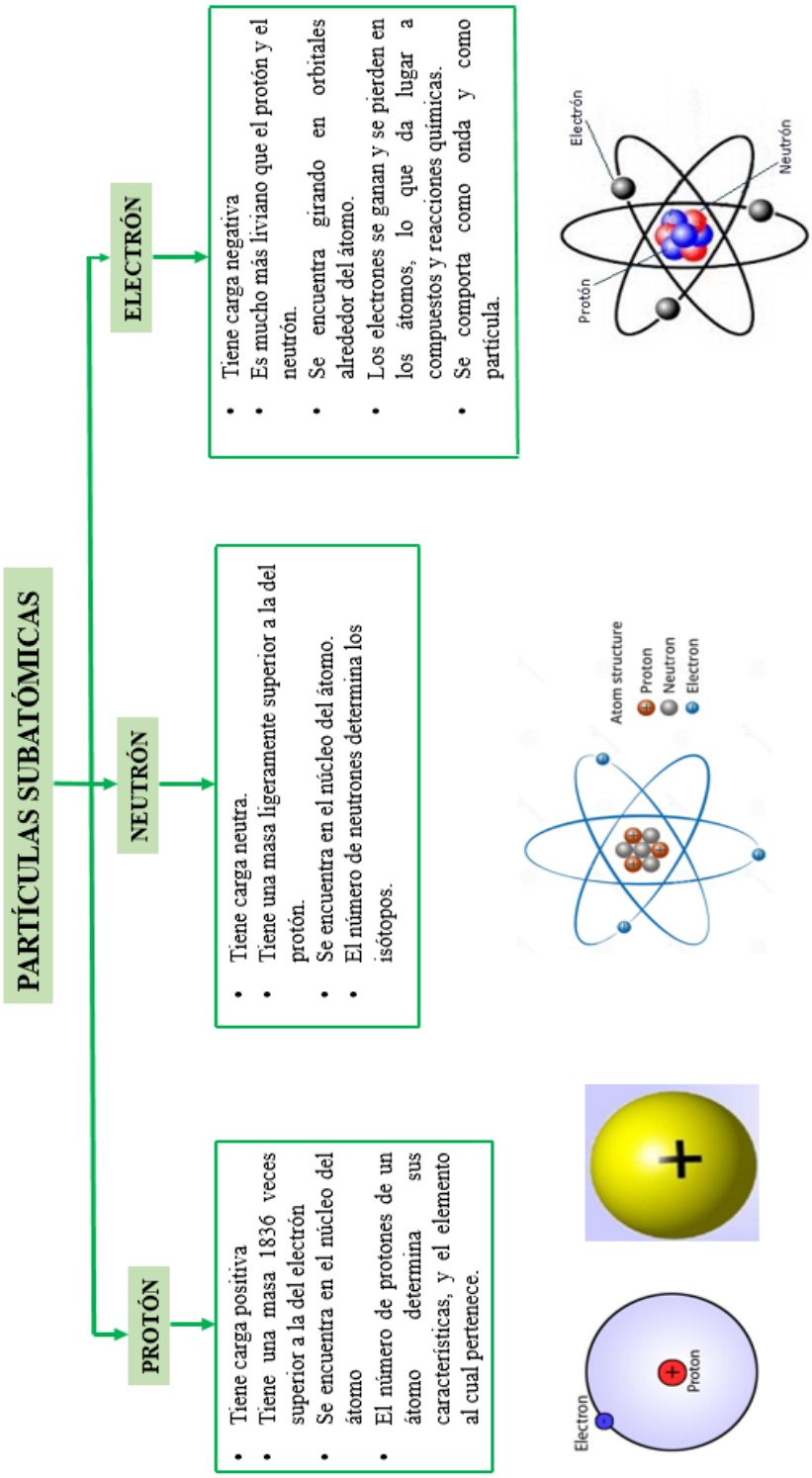


Figura 5. Partículas subatómicas. (2)

1.2. Elementos químicos y sus características

Un elemento químico, o solamente elemento, es una sustancia formada por átomos con el mismo número de protones en el núcleo, es decir, átomos iguales. Este número se conoce como el número atómico del elemento (11).

Todas las sustancias pueden estar constituidas por uno o por más elementos, que forman compuestos.

Hasta el momento se han identificado 118 elementos. En la naturaleza se encuentran 90 de ellos, los demás se han sintetizado, once son gases, tres son líquidos y los demás sólidos. Los elementos se hallan en la tierra en cantidades variables.

Los elementos son nombrados tomando en cuenta sus propiedades, sus descubridores, o el sitio en el que fueron descubiertos. Así, por ejemplo, el hidrógeno se llama así por ser un elemento que forma el agua, el oxígeno por formar óxidos, el fósforo por dar luz, el escandio por Escandinavia, el fermio en honor a Enrico Fermi, el curio en honor a los esposos Curie, el einstenio en honor a Albert Einstein, etc.

Nomenclatura

Los elementos se simbolizan por letras, generalmente con la primera letra del nombre latino en mayúscula. Cuando se dan casos de coincidencia, se pone una segunda letra de entre las del nombre, en minúscula, hasta lograr individualizarlo. Estas letras combinadas sirven para escribir las llamadas fórmulas moleculares de los compuestos que contienen los respectivos elementos. Así, vemos algunos ejemplos:

- Carbono: C
- Oxígeno: O
- Azufre: S (sulfurum)
- Mercurio: Hg (hidrargirium)
- Plata: Ag (argentum)
- Oro: Au (aurum)

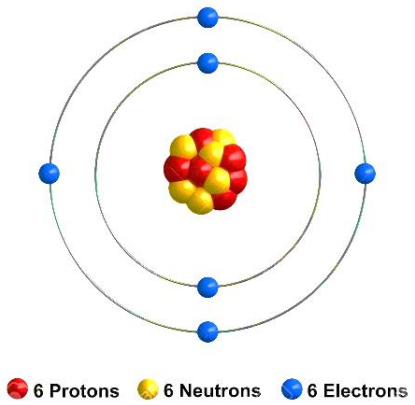
- Potasio: K (kalium)
- Sodio: Na (natrum)

Los elementos conocidos se presentan en la llamada Tabla Periódica, que consiste en un sistema de organización de los elementos de acuerdo a sus características, y en la que se muestran importantes datos relacionados a sus propiedades. Vamos a analizar alguna información básica y útil para nuestro estudio.

Numero atómico

El número atómico es el número de protones que se encuentran en el núcleo del átomo de un elemento, dato que nos sirve para identificar de qué elemento se trata. Recordemos que el número de protones de un elemento es constante para un elemento dado, ya que, si la cantidad de protones cambia, cambiará también el elemento. Por ejemplo, todos los átomos de carbono tienen 6 protones en su núcleo. Si por alguna razón, cambiaría a 5, ya no sería un átomo de carbono, sino de boro.

Este número se representa por la letra Z. Recordemos además que los átomos, en un estado sin interacción con el medio, son neutros, es decir, tienen el mismo número de cargas positivas (protones) que de cargas negativas (electrones). Debido a esto, el número atómico también nos indica el número de electrones que posee un átomo (11).



IMPORTANTE >>

La identidad de un átomo estará determinada por el número atómico.

Figura 6. Número atómico. (2)

Isótopos

Los isótopos son átomos del mismo elemento pero que tienen diferente número de neutrones en su núcleo. Es común que cada elemento tenga un número variado de isótopos, y que unos vayan cambiando en otros con el tiempo, al perder neutrones. Pero siempre existirá un isótopo más estable que el resto, al cual se le considera eterno.

Por ejemplo, el carbono tiene 3 isótopos que aparecen en la naturaleza:

Carbono 12 (12C): es el más estable y tiene una abundancia de 98.9%. Su núcleo posee 6 protones y 6 neutrones, así que su masa atómica es 12.

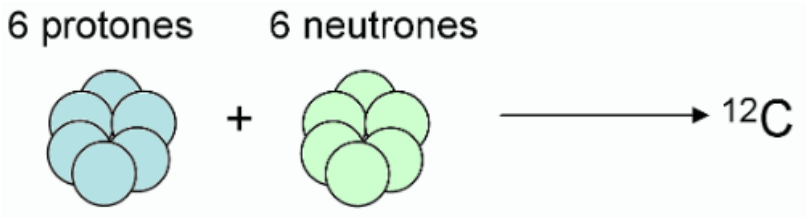


Figura 7. Carbono 12 (12C). (2)

Carbono 13 (13C): también es un isótopo estable, y tiene una abundancia de 0.1%. Su núcleo posee 6 protones y 7 neutrones, por lo que su masa atómica es 13.

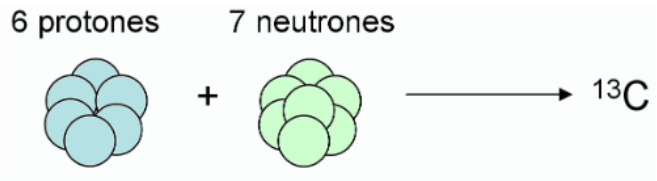


Figura 8. Carbono 13 (13C). (2)

Carbono 14 (14C): tiene un tiempo de vida de 5730 años y aparece en la naturaleza en trazas, es decir, en cantidades muy pequeñas. Es por esto que es el isótopo que se mide para determinar la antigüedad de muestras orgánicas en arqueología o paleontología, como los fósiles. Su núcleo posee 6 protones y 8 neutrones, por lo que su masa atómica es 14.

Existen otros isótopos, que duran solo segundos o milisegundos, y aparecen como resultados de reacciones nucleares (11).

Masa atómica

La masa atómica de un átomo, se calcula sumando la cantidad de protones y de neutrones. Ambas partículas se encuentran en el núcleo. Las unidades de la masa atómica se representan como "uma". Para evitar confusiones es importante conocer que existen varias versiones de la tabla periódica en la que se reporta peso en lugar de masa atómica y aunque el valor es el mismo el término es inadecuado, debido a que masa y peso son conceptos diferentes (5).

Masa atómica = Número de protones + número de neutrones.

O lo que es lo mismo: Masa atómica = Número atómico + número de neutrones.

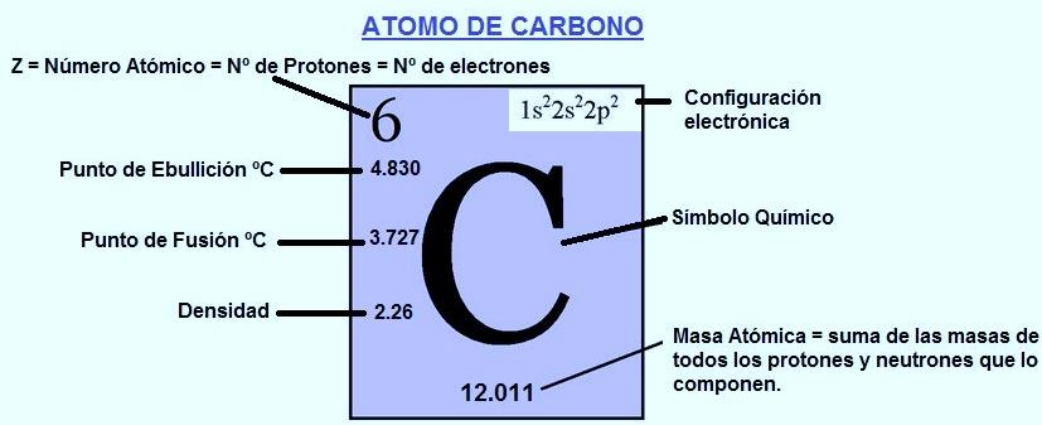


Figura 9. Átomo de carbono. (12)

De acuerdo a este concepto, la masa atómica debería ser siempre un número entero, ya que resulta de la suma de un número de partículas, sin fracciones. Sin embargo, en la tabla periódica, encontramos este dato con decimales. Esto se da porque la masa atómica mostrada es el promedio de la masa atómica de todos los isótopos con los que cuenta el elemento, ya que cada isótopo tiene una masa diferente.

La siguiente tabla muestra aquellos elementos qué más comúnmente encontramos, junto con su símbolo y número atómico (Z). De manera particular, se subrayan aquellos elementos que se encuentran en cantidades considerables en los organismos vivos y que cumplen importantes funciones en ellos (11).

Tabla 1. Elementos químicos más comunes. (2)

ELEMENTOS MÁS COMUNES					
ELEMENTO	**SÍMBOLO**	**Z**	**ELEMENTO**	**SÍMBOLO**	**Z**
Aluminio	Al	13	Helio	He	2
Antimonio	Sb	51	**Hidrógeno**	H	1
Argón	Ar	18	**Hierro**	Fe	26
Arsénico	As	33	**Litio**	Li	3
Azufre	S	16	**Magnesio**	Mg	12
Bario	Ba	56	**Manganeso**	Mn	25
Bismuto	Bi	83	Mercurio	Hg	80
Boro	B	5	Neón	Ne	10
Bromo	Br	35	Níquel	Ni	28
Calcio	Ca	20	**Nitrógeno**	N	7
Carbono	C	6	Oro	Au	79
Zinc	Zn	30	**Oxígeno**	O	8
Cloro	Cl	17	Plata	Ag	47
Cobalto	Co	27	Plomo	Pb	82
Cobre	Cu	29	**Potasio**	K	19

Kriptón	Kr	36	Radio	Ra	88
Cromo	Cr	24	**Sodio**	Na	11
Estaño	Sn	50	Uranio	U	92
Flúor	F	9	**Yodo**	I	53
Fósforo	P	15			

1.3. Tabla periódica de los elementos

1.3.1. Metales y no metales

Algo que podemos observar en la tabla periódica, es la disposición de los elementos en la zona de metales, de no metales y de metaloides. Si trazamos una línea entre el boro (B) y el astato (At), podemos observar que ocurre una división en 3 zonas. Los elementos que quedan al lado izquierdo de esta línea corresponden a los metales. Los elementos que se encuentran al lado derecho de la línea, corresponden a los no metales. Y aquellos que se encuentran en la línea, o muy cercanos a esta, corresponden a los metaloides. Cada uno de estos grupos posee propiedades particulares (13) .

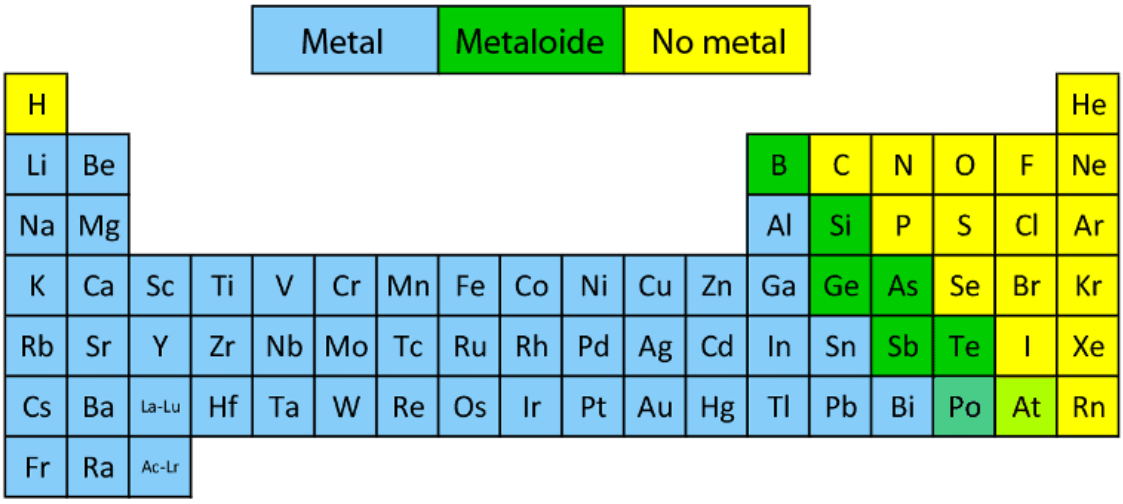


Figura 10. Metales y no metales. (13)

Metales:

Estos elementos son conductores de la electricidad y calor. Suelen tener un lustre distintivo, un brillo metálico, alta densidad y en general son duros, dúctiles y maleables. Tienen una temperatura de fusión alta. Ceden fácilmente electrones y no tienen tendencia a ganarlos, es decir, los metales son muy poco electronegativos, y por ello suelen tener cargas positivas.

Los elementos metálicos más comunes son los siguientes: aluminio, bario, berilio, bismuto, cadmio, calcio, cerio, cromo, cobalto, cobre, oro, iridio, hierro, plomo, litio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, osmio, paladio, platino, potasio, radio, rodio, plata, sodio, tantalio, talio, torio, estaño, titanio, wolframio, uranio, vanadio y cinc.

Los elementos metálicos se pueden combinar unos con otros y también con otros elementos formando compuestos, disoluciones y mezclas. Una mezcla de dos o más metales o de un metal y ciertos no metales como el carbono se denomina aleación. Las aleaciones de mercurio con otros elementos metálicos son conocidas como amalgamas.

Muchos de los iones metálicos cumplen funciones biológicas importantes como el hierro, calcio, magnesio, zinc (13).

No metales:

A diferencia de los metales, los no metales son malos conductores de electricidad y de calor. Se encuentran en los tres estados físicos de agregación en condiciones normales. No tienen brillo, como los metales. Por su fragilidad, no son dúctiles ni maleables. Sus temperaturas de fusión son más bajas que los metales.

Los no metales forman la mayor parte de la tierra, especialmente las capas más externas, y los organismos están compuestos en su mayor parte por no metales. Algunos, en condiciones normales, son diatómicos en el estado elemental, es decir, compuestos por dos átomos del mismo elemento:

Hidrógeno (H_2), nitrógeno (N_2), oxígeno (O_2), flúor (F_2), cloro (Cl_2), bromo (Br_2) y yodo (I_2).

Tienden a formar aniones (átomos con carga negativa). Difícilmente ceden electrones, ya que son de electronegatividad media a alta (13).

Metaloides o semi metales:

El término metaloide significa "parecido a un metal" y agrupa elementos que tienen propiedades de metales y no metales.

No tienen muy definido su carácter, se sitúan bordeando la línea divisoria entre metales y no metales. Dentro de la tabla periódica los metaloides se encuentran en línea diagonal desde el boro al astato.

Los metaloides son semiconductores, de calor y electricidad, más que conductores. Esto quiere decir que pueden conducir el calor y la electricidad, pero de forma limitada, con menor eficiencia que los metales. Es por ello que muchos de estos elementos se usan en la fabricación de microchips y otras piezas relacionadas con la tecnología. Forman compuestos ganando, perdiendo y compartiendo electrones.

Principalmente, son considerados metaloides los siguientes elementos: Boro (B), Silicio (Si), Germanio (Ge), Arsénico (As), Antimonio (Sb), Telurio (Te), Polonio (Po) (13).

1.3.2. Organización de la tabla periódica

Si observamos la tabla periódica, podemos notar que los elementos están dispuestos en forma de una cuadrícula irregular, siguiendo una disposición de columnas verticales, llamadas grupos o familias; y filas horizontales, llamadas períodos. Esta estructura fue creada por el químico ruso Dimitri Ivanovich Mendeleieff, y no es al azar, puesto que los elementos se ordenan en forma creciente de acuerdo a su número atómico, y se agrupan de acuerdo a sus propiedades químicas similares (11).

Es decir, observando la posición que tiene un elemento en la tabla, podemos deducir sus propiedades químicas, estructura, comportamiento en interacciones químicas, entre otras.

Períodos:

Se llaman períodos a las filas horizontales en las cuales están dispuestos los elementos en la tabla periódica. Cómo se puede observan, existen 7 períodos.

Lantánidos y Actínidos:

En la mayoría de tablas periódicas, se puede observar dos filas que están separadas. La primera corresponde a los elementos lantánidos, que van desde los números 57 a 71 y corresponden al periodo 6, y la segunda a los actínidos, que van del 89 a 103 y corresponden al periodo 7. Se los separa para mayor comodidad de visualización de la tabla periódica, y porque tienen propiedades muy similares.

El período indica el número de capas, orbitales o de niveles de energía en los cuales están dispuestos los electrones alrededor del núcleo. Recordemos que esto sucede de una forma muy similar a la de los planetas alrededor del sol, y que los electrones se disponen en niveles y subniveles definidos.

Así, podemos observar que la mínima cantidad de orbitales es 1, como sucede con el átomo de hidrógeno, cuyo único electrón se encuentra en un solo orbital. Mientras que la cantidad máxima de períodos es 7, que corresponde a los elementos más pesados.

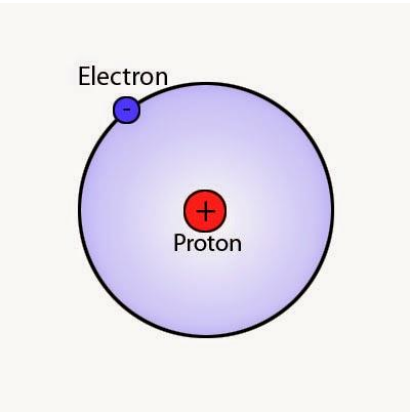


Figura 11. Átomo de hidrógeno. (14)

Cada orbital tiene un número límite de electrones que puede abarcar. Estos se representan con las letras K, L, M, N, O, P y Q. A su vez, cada orbital se divide en suborbitales o subniveles de energía, representados con las letras s, p, d y f, cada uno con un número máximo de electrones, tal como se muestras en la siguiente imagen.

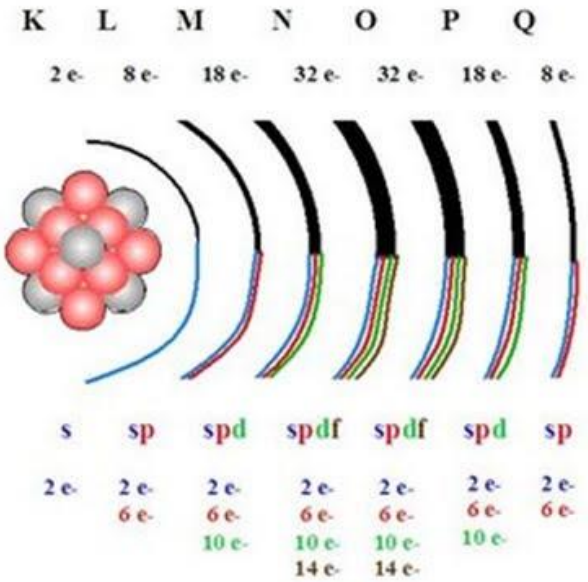


Figura 12. Orbitales atómicos. (15)

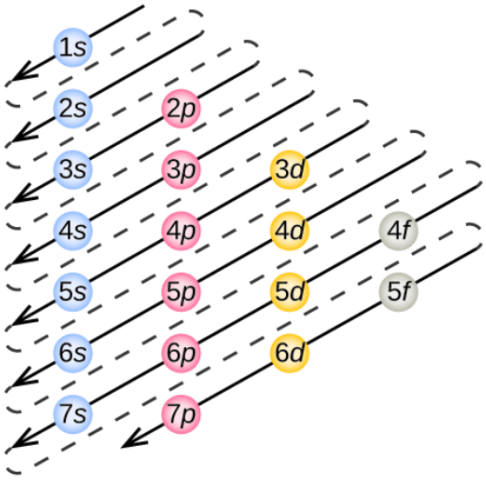
Deducimos entonces que los niveles y subniveles energéticos totales son:

NIVELES	SUBNIVELES			
1 (K)	1s			
2 (L)	2s	2p		
3 (M)	3s	3p	2d	
4 (N)	4s	4p	4d	4f
5 (O)	5s	5p	5d	5f
6 (P)	6s	6p	6d	
7 (Q)	7s	7p		

Tabla 2. Niveles y subniveles energéticos. (15)

Los electrones se van disponiendo en cada una de los subniveles de acuerdo a un orden específico, que se muestra en la siguiente imagen.

Figura 13. Distribución electrónica. (16)



Independientemente del número de niveles de energía que tenga un átomo, su último nivel, es decir, el más externo, no puede tener más de 8 electrones.

La excepción se da en los átomos que solo tienen un nivel de energía (hidrógeno y helio), donde este nivel puede tener un máximo de 2 electrones.

La representación de un átomo con subniveles es muy específica, por lo que es suficiente la representación de los niveles junto con su número total de electrones.

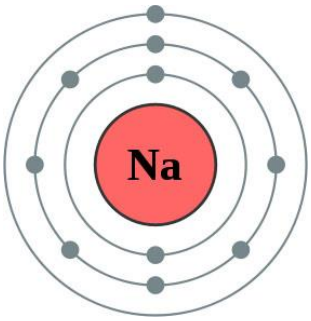


Figura 14. Átomo de sodio. (17)

Por ejemplo, aquí se observa una representación de un átomo de sodio. Se puede notar que sus 11 electrones se disponen en 3 niveles de energía, ya que este elemento se encuentra en el período 3 de la tabla periódica. Así vemos que la primera capa, más interna, cuenta con 2 electrones, la segunda con 8 electrones, y la tercera con 1 electrón.

Grupos o familias:

Se conocen como grupos, o familias, a las columnas verticales que se observan en la tabla periódica. Cada grupo contiene elementos que tienen propiedades similares, y algunos de ellos pueden abarcar varias columnas. A menudo se representan con un número romano y las letras A o B, que se encuentra en la parte superior de cada columna.

La importancia de este número es que indica la cantidad de electrones que los elementos tienen en su última capa, un dato muy importante para conocer de qué manera se van a unir los átomos para formar compuestos.

Los grupos representados con la letra A corresponden a elementos cuyas propiedades varían de una manera muy regular, y sus electrones más externos se encuentran en subniveles s o p.

Los grupos representados con la letra B corresponden a los llamados elementos de transición, en los que sus electrones más externos se encuentran en subniveles s, d ó f, y sus propiedades varían en función de esto (11).

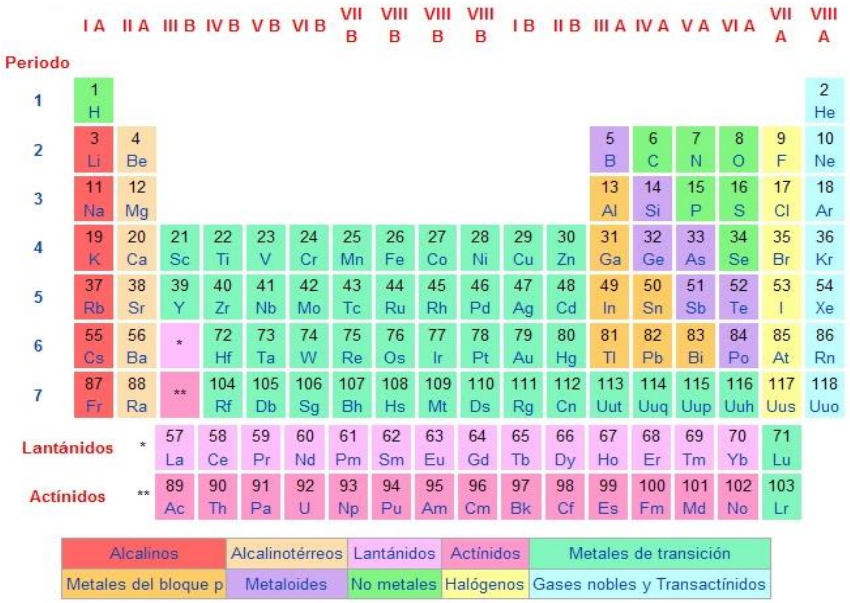


Figura 15. Grupos o familias. (18)

Con el conocimiento del período y del grupo al cual pertenece un elemento, es fácil determinar cuál será la estructura de ese átomo.

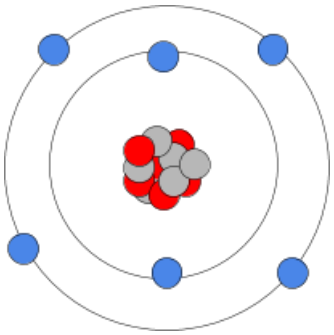


Figura 16. Átomo de carbono. (18)

Aquí se representa un átomo de carbono. Al notar que su número atómico es 6, podemos deducir que tiene 6 protones y 6 electrones. Al saber que el carbono se encuentra en el período 2, determinamos que posee 2 niveles de energía en los que se van a disponer sus electrones. Y al observar que pertenece al grupo *IV* A, deducimos que en su nivel de energía más externo tiene 4 electrones.

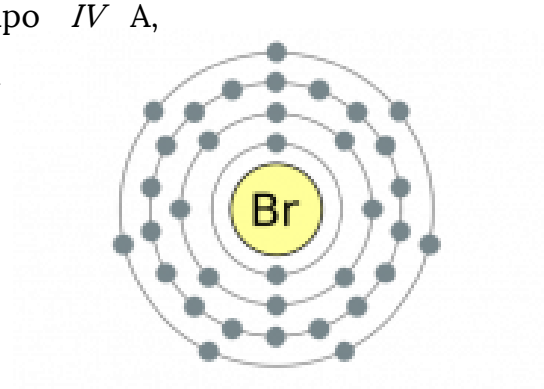


Figura 17. Átomo de boro. (18)

Aquí observamos una representación de un átomo de bromo. Vemos en la tabla periódica que su número atómico es 35, se encuentra en el período 4, y pertenece a la familia *VII* A. Por lo tanto, deducimos que tiene 35 protones y 35 electrones. Sus electrones se encuentras dispuestos en 4 capas, y la capa más externa tiene 7 electrones.

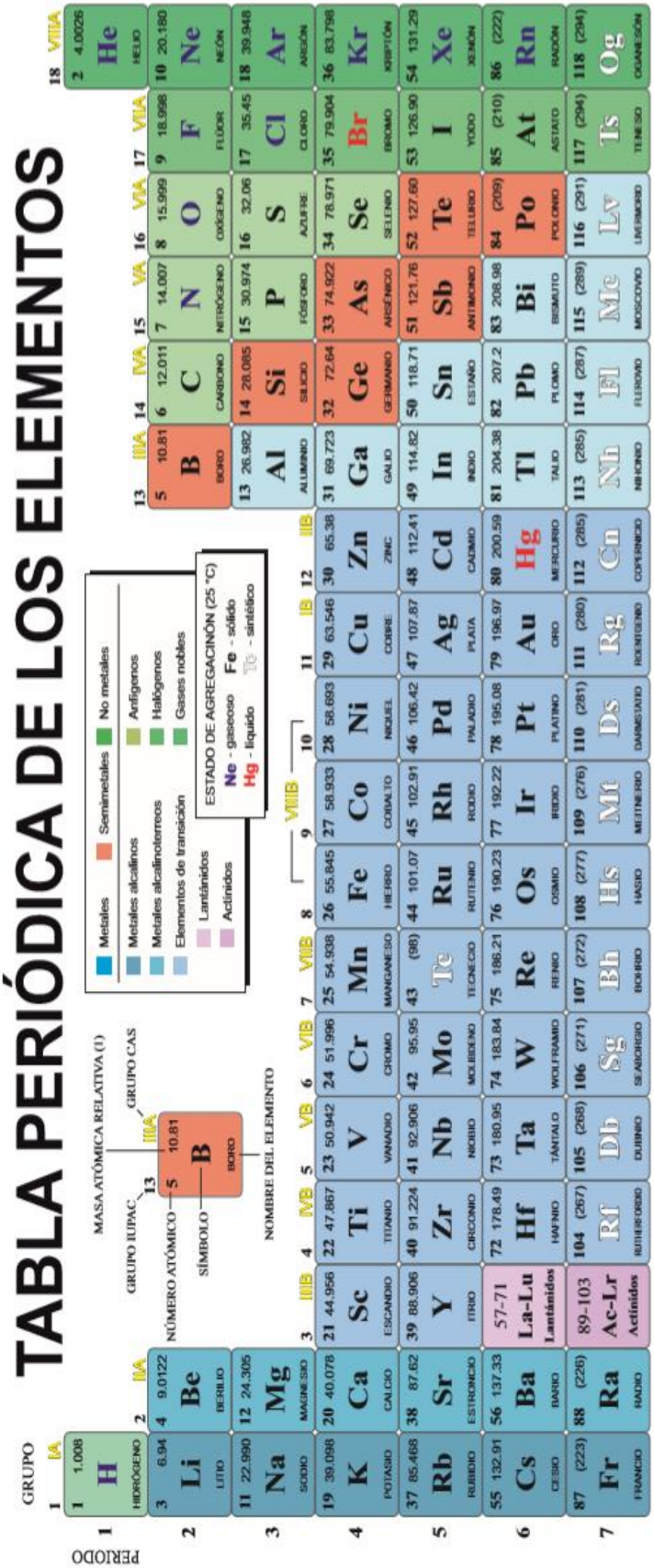


Figura 18. Tabla periódica de los elementos (18)

1.4. Compuestos químicos

1.4.1. Electrones de valencia

En el tema anterior aprendimos que el número del grupo o familia al que pertenece un elemento indica el número de electrones que tiene en su nivel de energía más externo. Estos últimos electrones, o electrones exteriores, son muy importantes, porque a través de estos los átomos interactúan entre sí, para formar compuestos y reacciones químicas.

Se los conoce como electrones de valencia, y un átomo puede ganarlos, perderlos o compartirlos para formar diferentes tipos de uniones o enlaces con otros átomos. De hecho, las propiedades de los elementos dependen en gran medida del número de electrones de valencia que posea (2).

Iones

Existen átomos que pueden ganar o perder sus electrones de valencia en dependencia de sus propiedades. Al hacerlo, su número de cargas eléctricas varía, de manera que ya no son neutros, sino que quedan cargados de forma positiva o negativa. A estos átomos que tienen una carga eléctrica se les conoce como iones.

Cationes

Cuando un átomo pierde electrones de valencia, queda cargado de forma positiva, ya que sus cargas positivas (protones) están en mayor número que sus cargas negativas (electrones). Cuando esto sucede, se ha formado un ion positivo, o catión.

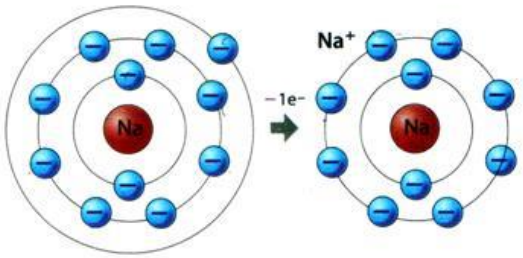


Figura 19. Catión de sodio. (18)

Aquí vemos un átomo de sodio. Sabemos que tiene 11 protones y 11 electrones. En su última capa, tiene un electrón de valencia. Si pierde este electrón, contará con 11 protones y 10 electrones, es decir, tendrá una carga positiva extra. Así se ha formado un ion sodio, que se representa como:

$$Na^{+}$$

Un átomo puede perder varios de sus electrones de valencia, por lo tanto, puede tener varias cargas positivas extra. Tal es el caso del hierro, que puede perder 2 o 3 electrones, tomando la forma de Fe^{+2} o Fe^{+3} respectivamente.

Generalmente, los átomos que cuentan con menos de 4 electrones de valencia, tienen tendencia a perderlos o cederlos a otros átomos.

Aniones

Cuando un átomo gana electrones de valencia, queda cargado de manera negativa, ya que los electrones (negativos) estarán en mayor número que los protones (positivos). Al suceder esto, se forma un ion negativo o anión.

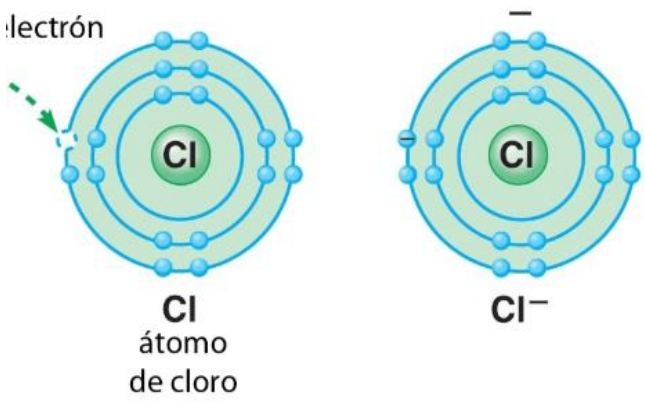


Figura 20. Anión cloruro. (18)

Aquí observamos un átomo de cloro. El cloro tiene 17 protones y 17 electrones, y en su última capa tiene 7 electrones de valencia. Si gana un electrón más, entonces tendría 17 protones y 18 electrones, por tanto, tendría una carga negativa extra. Así se ha formado un ion de cloro, también llamado cloruro, que se representas así:

$$Cl^{-}$$

De modo similar a lo que sucede en el caso de los cationes, algunos átomos pueden ganar varios electrones, y por lo tanto hay aniones que tienen varias cargas negativas extra. Por ejemplo, un átomo de oxígeno puede ganar dos electrones, formando el ion óxido (O^{-2}).

Generalmente, los átomos que cuentan con más de 4 electrones de valencia, tienen tendencia a ganar electrones, captándolos del medio o desde otros átomos.

Esta propiedad que tienen los átomos para atraer electrones se conoce como ELECTRONEGATIVIDAD. En la tabla periódica, la electronegatividad de cada elemento se representa con un número, que va entre 0.7 y 4.0. El elemento menos electronegativo de todos es el francio (0.7), y esto significa que es muy poco probable que pueda captar electrones del medio para formar un ion negativo, y, al contrario, cederá sus electrones. Y el elemento más electronegativo es el flúor (4.0), lo que significa que tiene una gran facilidad para captar electrones del medio y formar un ion negativo, siendo muy poco probable que ceda sus propios electrones.

En la siguiente tabla, podemos observar los valores de electronegatividad de cada uno de los elementos (2).

Grupo / Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H 2.1																	He
2	Li 1.0	Be 1.5											B 2.0	C 2.5	N 3.0	O 3.5	F 4.00	Ne
3	Na 0.9	Mg 1.2											Al 1.5	Si 1.8	P 2.1	S 2.5	Cl 3.0	Ar
4	K 0.8	Ca 1.0	Sc 1.3	Ti 1.4	V 1.6	Cr 1.6	Mn 1.5	Fe 1.8	Co 1.8	Ni 1.8	Cu 1.9	Zn 1.6	Ga 1.6	Ge 1.8	As 2.0	Se 2.4	Br 2.8	Kr
5	Rb 0.8	Sr 1.0	Y 1.2	Zr 1.4	Nb 1.6	Mo 1.8	Tc 1.9	Ru 2.2	Rh 2.2	Pd 2.2	Ag 1.9	Cd 1.7	In 1.7	Sn 1.8	Sb 1.9	Te 2.1	I 2.5	Xe
6	Cs 0.7	Ba 0.9	*	Hf 1.3	Ta 1.5	W 1.70	Re 1.9	Os 2.2	Ir 2.2	Pt 2.2	Au 2.4	Hg 1.9	Tl 1.8	Pb 1.8	Bi 1.9	Po 2.0	At 2.2	Rn
7	Fr 0.7	Ra 0.7	**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo

Lantánidos	*	La 1.10	Ce 1.12	Pr 1.13	Nd 1.14	Pm 1.13	Sm 1.17	Eu 1.10	Gd 1.10	Tb 1.10	Dy 1.10	Ho 1.10	Er 1.10	Tm 1.10	Yb 1.10	Lu 1.27
Actínidos	**	Ac 1.10	Th 1.30	Pa 1.40	U 1.40	Np 1.40	Pu 1.22	Am 1.30	Cm 1.30	Bk 1.30	Cf 1.30	Es 1.30	Fm 1.30	Md 1.30	No 1.30	Lr

Figura 21. Tabla de electronegatividades. (18)

Si ponemos atención, notaremos que el valor de la electronegatividad va incrementándose desde la esquina inferior izquierda, donde se encuentra el francio (Fr), hasta la esquina superior derecha, donde se encuentra el flúor (F).

A continuación, se detallan los iones monoatómicos, es decir compuestos por un solo átomo, que son más comunes en la química. Más adelante veremos iones poliatómicos.

Tabla 3. Iones monoatómicos. (18)

SIMBOLOS	NOMBRE	SIMBOLOS	NOMBRE
CATIONES		**ANIONES**	
H^+	Hidrón	O^{-2}	Óxido
Li^+	Ion litio	S^{-2}	Sulfuro
Na^+	Ion sodio	F^-	Fluoruro
K^+	Ion potasio	Cl^-	Cloruro
Mg^{+2}	Ion magnesio	Br^-	Bromuro
Ca^{+2}	Ion calcio	I^-	Yoduro
Zn^{+2}	Ion zinc	H^-	hidruro
Cu^+	Ion cuproso	N^{-3}	nitruro
Cu^{+2}	Ion cúprico		
Fe^{+2}	Ion cuproso		
Fe^{+3}	Ion cúprico		
Ag^+	Ion plata		
Al^{+3}	Ion aluminio		

1.4.2. Enlaces químicos

Como es conocido, los átomos interactúan entre sí, uniéndose para formar compuestos. Así podemos definir que un compuesto es la sustancia formada por dos o más átomos en proporciones constantes, que pueden ser de iguales o diferentes elementos.

Para que un compuesto se forme, sus átomos deben unirse entre ellos a través de enlaces. Existen diferentes tipos de enlaces químicos que dependen del tipo de átomos, y determinan muchas de las características de los compuestos.

Enlace iónico:

El enlace iónico es la unión entre dos átomos que tienen cargas eléctricas opuestas, es decir, es la unión entre un catión y un anión.

Generalmente, un átomo transfiere uno o varios electrones a otros, generando las cargas opuestas. Es decir, la unión es de tipo electrostática, y constituye un acercamiento entre los átomos.

Es común que se dé entre un metal y un no metal, cuyas electronegatividades tengan una diferencia considerable. Estos compuestos formas estructuras cristalinas que se agrupan como figuras geométricas.

Cuando se disuelven en un solvente adecuado, como el agua, los iones que forman parte de la unión se separan y se unen a las moléculas del solvente. Se consideran menos estables que los enlaces covalentes.

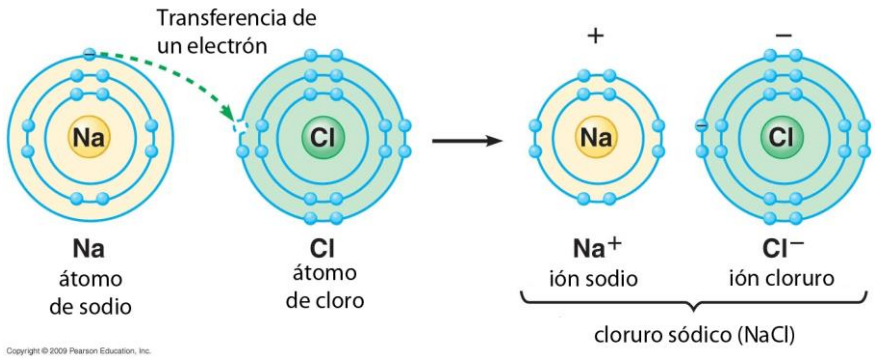


Figura 22. Enlace iónico. (18)

En el gráfico podemos observar como un átomo de sodio transfiere un electrón a un átomo de cloro. Así, el sodio queda cargado de manera positiva y el cloro queda cargado de manera negativa. Por fuerza electrostática, ambos iones se atraen y forman cloruro de sodio, a través de enlace iónico.

Enlace covalente:

Dos átomos forman en enlace covalente cuando comparten sus electrones de valencia, de manera que se complete el número máximo de electrones en cada uno de sus últimos orbitales. Los átomos se unen de tal modo que ninguno de ellos gana o pierde electrones, sino que los comparten. Así no se da solamente una atracción entre átomos, como sucede con el enlace iónico, sino una verdadera unión o solapamiento. (8)

Se da entre átomos que no tienen gran diferencia de electronegatividad entre sí. No es común que formen redes cristalinas, y son más estables que los enlaces iónicos.

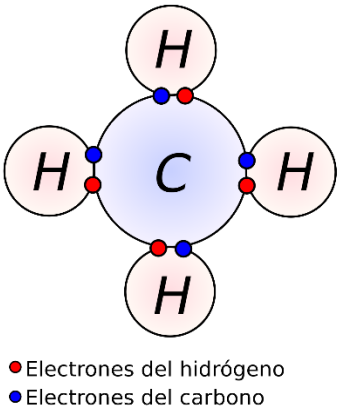


Figura 23. Enlace covalente. (18)

En la representación de este compuesto, se puede observar la formación del enlace covalente entre un átomo de carbono con 4 átomos de hidrógeno. Como sabemos, el carbono tiene 4 electrones de valencia en su último orbital, por cuanto le faltarían 4 electrones para llegar al máximo (8). Y el hidrógeno tiene un electrón en su último orbital, por cuanto le faltaría un electrón para completar el máximo (2). Así, al formar este compuesto, cada uno de los átomos de hidrógeno está compartiendo su electrón con el carbono,

completando 8 electrones en su último orbital, y a la vez el carbono comparte cada uno de sus 4 electrones de valencia con los átomos de hidrógeno, en los que se completan los 2 electrones en su orbital. Se ha formado el metano, compuesto que tiene un átomo de carbono y 4 átomos de hidrógeno (CH_4).

Existe otro tipo de enlace que tiene menos interés para nuestro estudio, que es el **enlace metálico.** Como su nombre lo dice, se da entre átomos de metales que se unen de forma muy estrecha entre si formando capas o redes, de tal manera que sus electrones de valencia salen de sus últimos orbitales y se disponen alrededor de toda la red a modo de una nube electrónica. Esta es la razón por la que los metales presentan una gran capacidad para conducir la electricidad. El enlace metálico no es importante en el estudio de la química de los seres vivos.

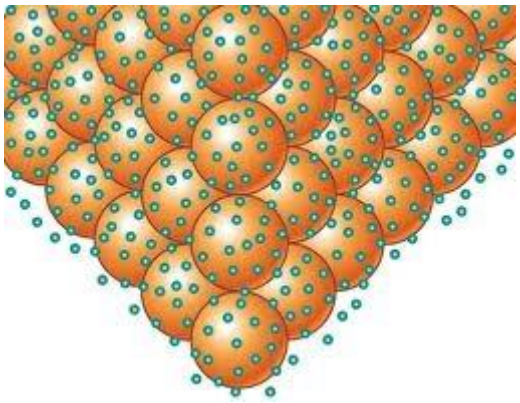


Figura 24. Enlace metálico. (18)

¿Cómo sabemos qué tipo de enlace se da entre dos átomos?

Existe una manera muy sencilla de determinar el tipo de enlace que se da entre dos átomos. Para ellos, necesitamos conocer la electronegatividad de cada uno, calcular la diferencia, y comparar el resultado con la siguiente línea.

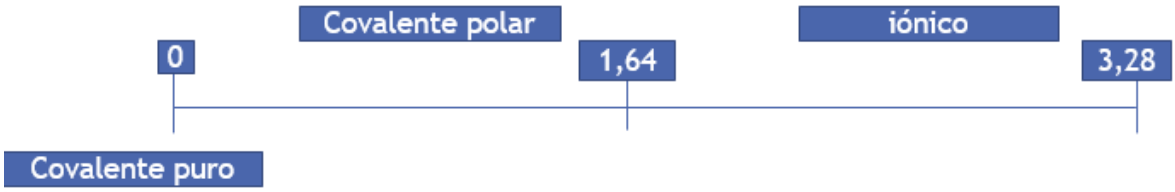


Figura 25. Enlace covalente. (18)

Si el resultado de la diferencia entre ambas electronegatividades es igual a 0 (lo que sucede cuando ambos átomos son del mismo elemento, o las electronegatividades son iguales), estamos hablando de un **enlace covalente polar**. Este es un tipo de enlace considerablemente fuerte y estable.

Si el resultado de la diferencia entre electronegatividades es mayor a cero, pero menor a 1,64, se deduce que existe un enlace **covalente de puro**. Este es un enlace un poco más débil que el covalente polar, pero más estable que el enlace iónico.

Si el resultado de la diferencia entre las electronegatividades de ambos átomos es mayor a 1,64, existe un **enlace iónico.**

Podemos entender esto con unos ejercicios:

- **Ejemplo 1: ¿Qué tipo de enlace se formará en el oxígeno gaseoso (O_2)?**

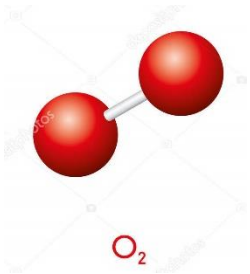


Figura 26. Oxígeno gaseoso. (18)

El gas oxígeno, que se encuentra en el aire que respiramos, o como se aplica en los hospitales, contiene dos átomos de oxígeno unidos entre sí. Si observamos la tabla periódica, o de electronegatividades, el valor de la electronegatividad del oxígeno es 3,5. Así restamos:

$$3{,}5 - 3{,}5 = 0$$

Al comparar con la línea de referencia, concluimos que, en este compuesto, se está formando un enlace covalente puro.

- **Ejemplo 2: ¿Qué tipo de enlace se formará en el dióxido de carbono, o llamado también anhídrido carbónico (CO_2)?**

El dióxido de carbono, que se produce como resultado de la combustión y el metabolismo de los seres vivos, está compuesto por un átomo de carbono que se une a dos átomos de oxígeno.

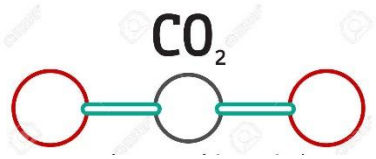


Figura 27. Anhídrido carbónico. (18)

Queremos determinar el tipo de enlace que se formará entre cada átomo de oxígeno y el átomo de carbono. Vemos en las tablas que la electronegatividad del oxígeno es 3.5, mientras que la del carbono es 2.5. Así, restamos:

$$3.5 - 2.5 = 1$$

Al comparar con la línea de referencia, observamos que este valor es mayor a 0, pero menor a 1.64. Por lo tanto, concluimos que en este compuesto se forma un enlace covalente polar.

- **Ejemplo 3: ¿Qué tipo de enlace se formará en el cloruro de magnesio ($MgCl_2$)?**

El cloruro de magnesio, una sustancia que se usa por sus propiedades medicinales, está compuesto por un átomo de magnesio y dos átomos de cloro.

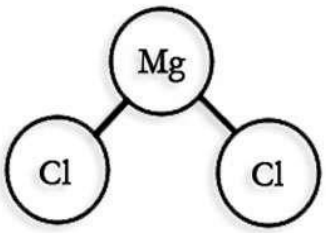


Figura 28. Cloruro de magnesio. (13)

Queremos determinar el tipo de enlace que se formará entre cada átomo de cloro y el átomo de magnesio. Vemos en las tablas que la electronegatividad del magnesio es 1.2, y el del cloro es 3.0. Así, restamos:

$$3.0 - 1.2 = 1.8$$

Al comparar con la línea de referencia vemos que este valor es mayor a 1.64. Por lo tanto, deducimos que en este compuesto se forma un enlace iónico.

Con la observación de la posición de los elementos en la tabla periódica, podemos predecir el tipo de enlace que se formará, ya que mientras más alejados se encuentren dos elementos, de izquierda a derecha en la tabla periódica, será más probable que formen un enlace de tipo iónico, y mientras más cercanos estén, será más probable que formen enlaces de tipo covalente.

Existen compuestos en los que pueden existir ambos tipos de enlaces entre diferentes elementos. Con este conocimiento podríamos determinar, por ejemplo, cuál es el enlace que se rompe en un compuesto para dar lugar a un ion.

Compuestos o moléculas

Tal como hemos podido observar con lo aprendido anteriormente, los compuestos o moléculas son sustancias que se forman por la unión de dos o más átomos, que pueden ser del mismo o de diferentes elementos, a través de un enlace químico.

En la naturaleza, en muy raras ocasiones encontraremos átomos aislados, que no se encuentren unidos a otros. Así, podemos afirmar que casi siempre encontraremos a los diversos elementos químicos combinados unos con otros en forma de compuestos.

Algunos compuestos son muy simples, y solo tienen dos átomos. Por ejemplo, el gas nitrógeno que se encuentra en el aire (N_2). En cambio, otros son muy complejos, y pueden contener cientos o miles de átomos, por ejemplo, las proteínas.

Para un compuesto dado, la proporción entre sus átomos es constante, de manera que, si cambia, el compuesto será otro y tendrá otras propiedades. Por ejemplo, veamos el caso del agua y el peróxido de hidrógeno, llamado también agua oxigenada. Ambos compuestos están formados por oxígeno e hidrógeno, pero la cantidad de cada uno de estos átomos es diferente en cada compuesto.

El agua contiene dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, por ello se la representa como H_2O. De esta forma tiene las propiedades de todos conocidas.

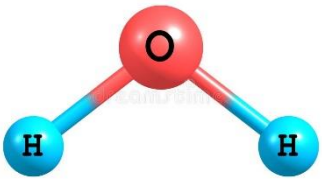


Figura 29. Molécula de agua. (13)

En cambio, el "agua oxigenada", que es el peróxido de hidrógeno, tiene dos átomos de hidrógeno y 2 átomos de oxígeno, representándose como H_2O_2. Ese único átomo de oxígeno de diferencia le da propiedades diversas a las del agua, como su poder oxidante, antiséptico, blanqueador, etc.

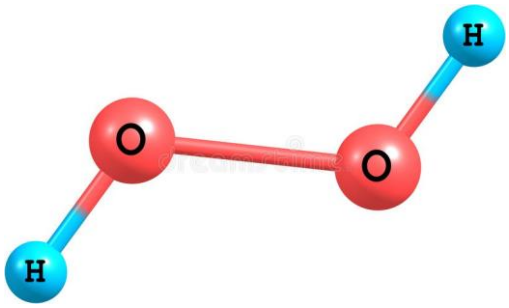


Figura 30. Molécula de peróxido de hidrógeno. (13)

Los compuestos se representan mediante las fórmulas químicas, que son abreviaturas que nos indican los elementos de los que está formado un compuesto y cuál es la cantidad de cada uno de ellos. Para los elementos se utilizan los símbolos químicos que se encuentran en la tabla periódica, y para su cantidad, un número que se coloca como subíndice a continuación del elemento respectivo.

Por ejemplo, el ácido sulfúrico, un potente agente corrosivo con muchas aplicaciones en la industria, se representa como:

$$H_2SO_4$$

Así, interpretamos que este compuesto tiene dos átomos de hidrógeno, un átomo de azufre y 4 átomos de oxígeno.

Observando otro ejemplo, tenemos que el sulfato de aluminio, una sal que se usa en el proceso de potabilización del agua y la industria del papel, se representa como:

$$Al_2(SO_4)_3$$

Esto se interpreta cómo: hay dos átomos de aluminio, y un conjunto de un átomo de azufre unido a cuatros átomos de oxígeno, que se repite 3 veces. Es decir, contiene 3 átomos de azufre y 12 átomos de oxígeno, pero se lo representa de esta manera para visualizar mejor de qué compuesto se trata.

Existen iones que se forman cuando hay una ruptura de enlaces en un compuesto, de manera que las partes formadas tienen una carga eléctrica.

Por ejemplo, el ácido clorhídrico (HCl), un potente compuesto que es formado en nuestro estómago y facilita la digestión de los alimentos, se ioniza de tal modo que se forma un ion de hidrógeno (hidrón) y un ion de cloro (cloruro), como se representa a continuación:

$$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$$

Ilustremos con otro ejemplo. El ácido sulfúrico (H_2SO_4) puede ionizarse de tal como que genera dos iones hidrógeno, y un ion sulfato $(SO_4)^{-2}$.

$$H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + \ (SO_4)^{-2}$$

Como podemos ver, en esta ocasión se ha formado un ion poliatómico, es decir, un conjunto de átomos que tiene una carga. En este caso, se considera que en el ion sulfato, toda la unión de un átomo de azufre con 4 átomos de oxígeno, tiene 2 cargas negativas. Es común que los iones poliatómicos se comporten como si fueran un único elemento al momento de formar compuestos o intervenir en reacciones químicas.

En la siguiente tabla, se presentan los iones poliatómicos más comunes:

Tabla 4. Iones poliatómicos

SÍMBOLOS	NOMBRE
$(OH)^-$	Hidróxido
$(SO_3)^{-2}$	Sulfito
$(SO_4)^{-2}$	Sulfato
$(NO_2)^-$	Nitrito
$(NO_3)^-$	Nitrato
$(PO_4)^{-3}$	Fosfato
$(CO_3)^{-2}$	Carbonato
$(HCO_3)^-$	Bicarbonato

1.4.3. Reacciones químicas y catalizadores

Una reacción química es el producto de la mezcla de dos o más sustancias, que, a través de un intercambio de átomos y electrones, dan como resultado sustancias nuevas.

En una reacción química intervienen varias partes:

- Los **reactantes**, a veces llamados reactivos de manera incorrecta, que son las sustancias de partida, que se mezclan para dar lugar a la reacción.
- Los **productos**, que son las sustancias nuevas que se forman a partir de la reacción.
- Las **condiciones de reacción**, que son diversos requisitos que se deben cumplir para que la reacción ocurra, como por ejemplo calor, presión, acidez, presencia de catalizadores, de agua, etc. Sin embargo, existen reacciones que pueden darse sin que haya condiciones especiales.

Cuando se da una reacción entre dos o más compuestos, sus átomos se reorganizan o recombinan para dar lugar a los productos.

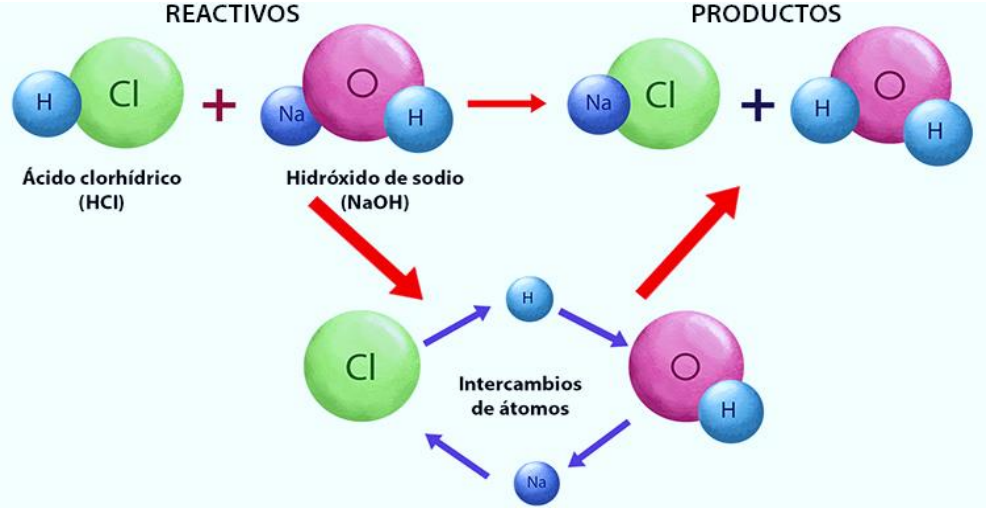


Figura 31. Reacción química. (13)

En este gráfico se puede observar cómo se da una reacción entre ácido clorhídrico (HCl) e hidróxido de sodio (NaOH), un compuesto presente en los productos para destapar cañerías, y que intervienen en muchos procesos industriales, como la fabricación del jabón.

Los átomos de cada uno de los compuestos se separan. Así, el átomo de cloro se une con el sodio, para formar cloruro de sodio, es decir, sal de mesa. Mientras que el hidrógeno restante se une al OH restante, para formar agua.

Las reacciones se representan a modo de ecuaciones, como se ve a continuación:

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$

Podemos leer la anterior ecuación del siguiente modo: una molécula de ácido clorhídrico reacciona con una molécula de hidróxido de sodio para formar una molécula de cloruro de sodio más una molécula de agua.

La flecha nos indica la dirección en la que se da la reacción. En la mayor parte de las ocasiones la dirección es de izquierda a derecha, es decir, de los reactantes a los productos. Estas se consideran reacciones irreversibles, es decir, los productos son estables y espontáneamente no tienden a reaccionar de nuevo entre sí para formar nuevamente a los reactantes originales.

Sin embargo, existen las llamadas reacciones reversibles, en las que los productos reaccionan entre si y dan lugar nuevamente a los reactantes originales. Esto puede darse de modo espontáneo o al cambiar las condiciones en las que se ha dado la reacción. Para representar una reacción reversible, se usan flechas en sentidos diferentes, o una flecha doble.

Por ejemplo:

$$NH_3 + H_2O \leftrightarrow NH_4OH$$

En esta ecuación, se muestra la reacción entre amoniaco y agua, para formar hidróxido de amonio. Pero la flecha doble nos indica que es una reacción reversible, por lo tanto, podemos deducir que el hidróxido de amonio espontáneamente se vuelve a separar en los compuestos que le dieron origen, es decir, amoniaco y agua. Muchas reacciones bioquímicas son reversibles de este modo.

Al representar o deducir una reacción química, debe respetarse la ley de la conservación de la masa, es decir, debe existir el mismo número de átomos de cada elemento antes y después de la flecha. En ocasiones, para que ocurra

esto debe intervenir más de una molécula de algún reactante, o formar más de una molécula de algún reactivo.

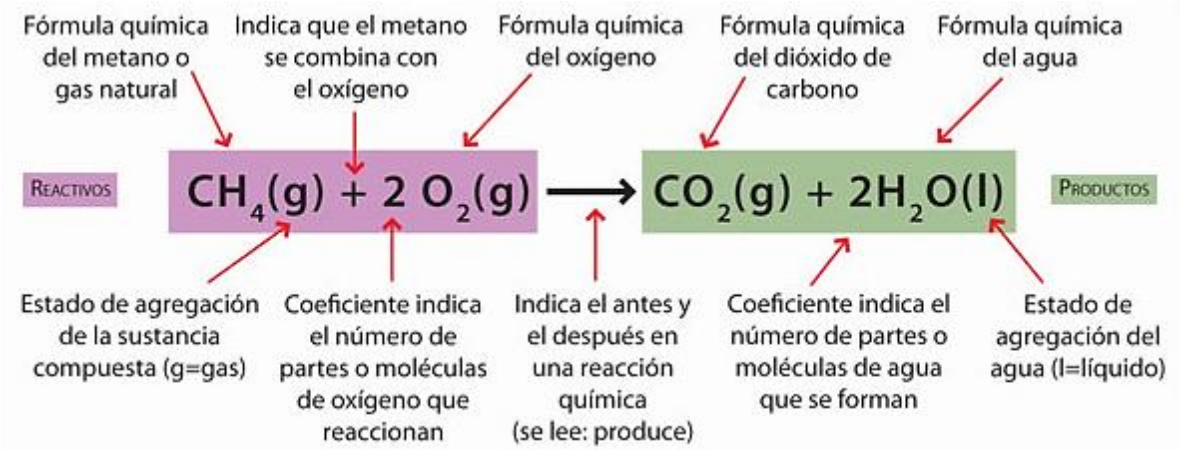


Figura 32. Ecuación química. (13)

En este gráfico se puede observar la ecuación que representa la reacción entre gas metano y oxígeno, dando lugar a anhídrido carbónico y agua. En este caso, para cumplir con la ley de conservación de la masa, una molécula de metano (CH_4) debe reacción con dos moléculas de oxígeno ($2O_2$), para dar lugar a una molécula de anhídrido carbónico (CO_2) y 2 moléculas de agua ($2H_2O$).

Catalizadores

Los catalizadores son sustancias que forman parte de una reacción química, permitiendo que se dé, acelerándola o retardándola, sin que se consuma o transforme en el proceso.

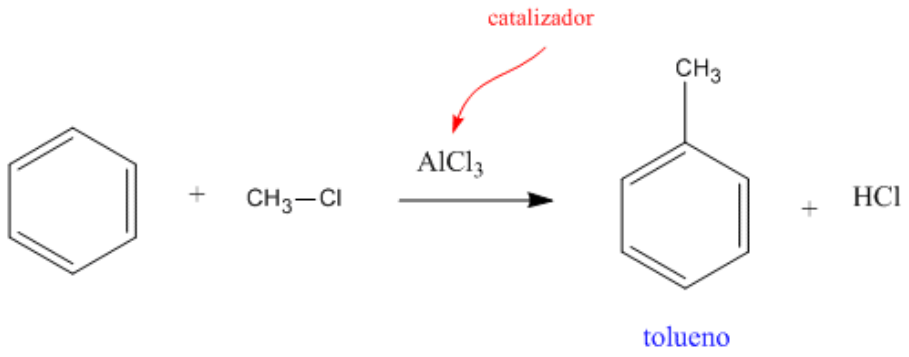


Figura 33. Catalizador. (13)

En este ejemplo, se muestra la reacción entre el benceno y el cloruro de metilo, para dar lugar al tolueno, un compuesto que interviene en la fabricación de muchos productos sintéticos, y el ácido clorhídrico. Como se puede ver, sobre la flecha que indica la reacción se encuentra el tricloruro de aluminio, un catalizador cuya función es ayudar a que se produzca la reacción. Este compuesto no aparece formando parte de los productos, es decir, no se consume ni transforma, quedando intacto.

Los catalizadores son muy importantes en las reacciones bioquímicas que se producen dentro de los seres vivos. Un ejemplo de estos son las enzimas, que estudiaremos más adelante.

1.5. Teoría acido-base, pH.

En el agua pura, las moléculas se encuentran espontáneamente dividiéndose y volviendo a unirse, de este modo:

$$H_2O \rightleftharpoons OH^- + H^+$$

Es decir, uno de los enlaces entre oxígeno e hidrógeno se rompe. El oxígeno se queda con el único electrón del hidrógeno del cual se separa, por lo cual se forma un ion hidroxilo (con carga negativa) y un ion hidrógeno (con carga positiva). Como vemos, esta es una reacción reversible.

Existen muchas sustancias en las que se da un proceso similar. Cuando se disuelven, principalmente en agua, se separan iones hidrógeno, iones hidroxilo, o incluso son capaces de captar los iones hidrógeno que se encuentran naturalmente en el agua (19).

En esto consiste la escala de la acidez o basicidad de una sustancia.

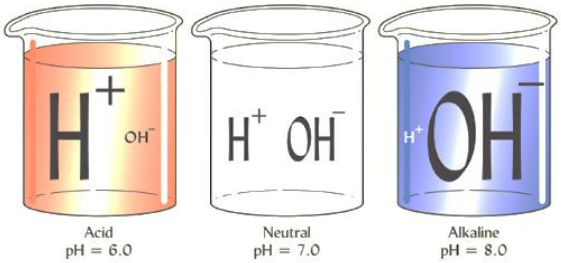


Figura 34. Acidez y alcalinidad. (13)

Si cuando una sustancia se disuelve, libera iones de hidrógeno al medio, esta sustancia será ácida. Mientras más concentración de estos iones se encuentren en la solución, mayor será su acidez.

Si cuando una sustancia se disuelve libera iones hidroxilo al medio, o a su vez, capta iones hidrógeno que se encuentren en el solvente, esta sustancia será alcalina o básica. Mientras mayor sea la concentración de iones hidroxilo en la solución, o menor sea la concentración de iones hidrógeno, mayor será su alcalinidad o basicidad.

$$HCl + H_2O \leftrightarrow 2H^+ + Cl^- + OH^-$$

Aquí vemos cómo se ioniza el ácido clorhídrico cuando está en solución. Como vemos, se forman iones de hidrógeno. Es por eso que esta sustancia, se trata de un ácido.

$$NaOH + H_2O \leftrightarrow Na^+ + 2OH^- + H^+$$

Aquí podemos observar cómo se ioniza el hidróxido de sodio cuando está en solución. Ya que genera iones hidroxilo, podemos deducir que se trata de una base o álcali.

$$NaHCO_3 + H_2O \leftrightarrow Na^+ + (HCO_3)^- + H^+ + OH^- \leftrightarrow Na^+ + H_2CO_3 + OH^-$$

Aquí podemos observar la ionización del bicarbonato de sodio cuando está en solución. En un primer paso genera el ion bicarbonato, separándose del sodio, y en un segundo paso este ion bicarbonato se une con el ion hidrógeno que proviene del agua para formar ácido carbónico, pero dejando libre al ion hidroxilo. Por lo tanto, la solución resultante es alcalina. Este es un caso en

que podemos notar cómo una sustancia básica es capaz de captar el ion hidrógeno del agua, dejando en mayor cantidad al ion hidroxilo.

pH

Existe una escala que nos permite determinar el grado de acidez o basicidad que corresponde a una sustancia. Esta escala se llama pH, que significa: potencial hidrógeno.

Matemáticamente, el pH es el logaritmo negativo de la concentración de ion hidrógeno en una solución.

Esta escala tiene valores que van desde 1 hasta 14, siendo 7 su valor medio.

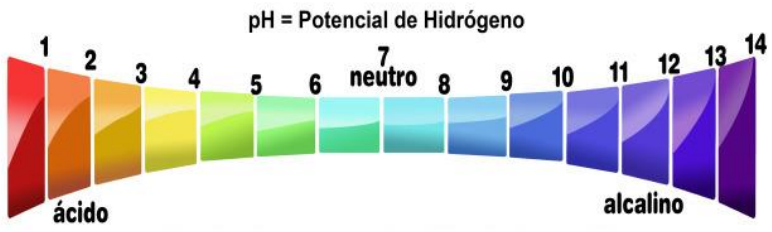


Figura 35. Escala del pH. (18)

Las sustancias que tengan un pH menor a 7, se consideran ácidas, y la acidez será mayor mientras más se acerquen a 1.

Las sustancias que tengan un pH mayor a 7, se consideran básicas o alcalinas, y su alcalinidad será mayor mientras más se acerquen a 14.

Las sustancias que tengan un pH igual a 7, o muy cercano a este valor, se consideran neutras, es decir, no son ni ácidas ni alcalinas (20).

A continuación, se encuentran algunos ejemplos de sustancias ácidas y básicas con las que estamos familiarizados.

Tabla 5. Ácidos y bases más comunes. (13)

SUSTANCIA	DESCRIPCIÓN
ÁCIDOS	
Ácido clorhídrico	Es un ácido fuerte que se produce en el estómago e interviene en la digestión de alimentos. Su exceso puede ser causante de hiperacidez estomacal y úlceras gástricas
Ácido cítrico	Es un ácido débil que se produce en muchas frutas, especialmente los cítricos, como limones, naranjas, mandarinas, etc. Se usa en la industria como conservante y antioxidante para alimentos y productos medicinales.
Ácido acético	Es un ácido débil que se produce en la naturaleza por la fermentación de azúcares debido a la acción de varios microorganismos. El vinagre que se usamos para las ensaladas y la limpieza es una solución de ácido acético.
Ácido láctico	Es un ácido débil que se produce por fermentación de la lactosa de la leche, y da lugar al yogurt. También se produce en los músculos, cuando hay un aprovechamiento incompleto de la glucosa por falta de oxígeno.
Ácido ascórbico	Es un ácido débil, al que comúnmente se conoce como vitamina C, y tiene importantes funciones en el organismo.

BASES O ÁLCALIS	
Hidróxido de magnesio	Es una base débil con actividad laxante y antiácida, comúnmente conocida como leche de magnesia
Hipoclorito de sodio	Es una base débil a la que comúnmente llamamos cloro doméstico, que se usa por su poder desinfectante y blanqueador.
Amoníaco (hidróxido de amonio)	Es una base débil o fuerte, en dependencia de su concentración, que se produce por la combinación de gas amoniaco con agua. Se usa como desinfectante, fijador de colorantes, entre otros.
Bicarbonato de sodio	Es una base débil que tiene una gran variedad de usos medicinales y en la industria.
Jabones y detergentes	Son bases débiles, surfactantes, usados para la limpieza y desinfección.
Hidróxido de sodio e hidróxido de potasio	Son bases fuertes que se usan ampliamente en la industria, por ejemplo, para la fabricación del jabón. De forma doméstica están presentes en los productos para destapar cañerías.

¿Cómo podemos medir el pH de una sustancia?

Existen diversos métodos para determinar el pH de una sustancia. Por ejemplo, tenemos los papeles indicadores o tiras indicadoras, que cambian de color en dependencia del pH. Los más modernos tienen toda una gama de colores que se pueden comparar con una escala y determinar valores de pH bastante exactos. También existen sustancias indicadoras que se usan en forma líquida, y cambian de color en dependencia del pH. Estas pueden ser naturales o artificiales.

El método más exacto es haciendo uso de un equipo electrónico llamado peachímetro o potenciómetro. Con este equipo, se sumerge un electrodo en una solución, y una pantalla nos muestra su pH exacto.

Importancia de la escala de pH:

El conocimiento del pH de las sustancias resulta muy útil para una multitud de procesos. Nombramos los más importantes que tienen que ver con el campo de acción de la naturopatía.

- La solubilidad de muchas sustancias va en dependencia del pH del medio en que se encuentre, de esta manera:
    - Las sustancias ácidas se disuelven poco en solventes ácidos
    - Las sustancias básicas se disuelven poco en solventes básicos
    - Las sustancias ácidas se disuelven bien en solventes básicos
    - Las sustancias básicas se disuelven bien en solventes ácidos

  Este conocimiento es importante para extraer moléculas de plantas medicinales.
- Los productos cosméticos deben tratar de igualar el pH del sitio en el cual deben ser aplicados. Por ejemplo, el pH de la piel humana va entre 4,5 a 5,5. Así, las cremas corporales cuyo pH se encuentre en este rango serán las mejores. De igual manera, el pH del cabello humano se encuentra entre 3,5 a 5,5. Por lo tanto, los shampoos deberían tener un pH dentro de este rango para no provocar daños en el cabello.
- Las reacciones bioquímicas que ocurren en el organismo se dan a pH muy específicos, de tal manera que basta una ligera modificación de este para que algunas funciones no se den de manera correcta, y

ocurran alteraciones de la salud. El pH sanguíneo en el ser humano es de 7,4, y nuestro cuerpo tiene un complejo sistema para mantenerlo estable. Si por causas patológicas o ambientales este pH se altera un poco, por ejemplo, a 7,2 o a 7,6, aparecen trastornos que pueden desembocar en enfermedades.

- En muchas terapias de desintoxicación de sustancias, se usan productos con pH contrario. Por ejemplo, en caso de una intoxicación con alcaloides, que tienen pH básico, se puede administrar por diferentes vías algunas sustancias ácidas compatibles con el cuerpo, que permitan que los tóxicos sean expulsados más eficientemente a través de la orina, como, por ejemplo, ácido cítrico o ascórbico. Un caso diferente sería al enfrentar una intoxicación con sustancias ácidas, como barbitúricos, en donde se aconsejaría la administración de sustancias básicas compatibles con el cuerpo, como bicarbonato de sodio.

Se resume a continuación algunos de los pH más importantes.

Tabla 6. pH en el cuerpo humano. (13)

SUSTANCIA	pH
Agua destilada	6,8
Sangre	7,4
Estómago	1 a 3
Intestinos	4 a 6
Piel humana	4,5 a 5,5
Cabello humano	3,5 a 5,5

ACTIVIDADES RECOMENDADAS

- Identifique aquellos elementos químicos más comunes en el organismo humano y describa sus principales características según la tabla periódica de los elementos, como símbolo, número atómico, familia, masa atómica y electronegatividad.
- Identifique en su hogar las sustancias ácidas y básicas que se utilizan de manera rutinaria.

UNIDAD 2
QUÍMICA ORGÁNICA Y BIOMOLÉCULAS

2. QUÍMICA ORGÁNICA Y BIOMOLÉCULAS

Introducción

La química orgánica constituye una rama de la química, y su influencia se extiende a todos los aspectos de la vida. Desde los átomos que conforman nuestras células hasta las reacciones químicas que impulsan los procesos vitales, esta disciplina se adentra en la propia comprensión del funcionamiento de los seres vivos. A lo largo de la historia, la búsqueda por comprender y manipular este tipo de sustancias ha revolucionado la medicina, la agricultura, la biotecnología y nuestra comprensión misma de lo que significa estar vivo.

Las biomoléculas, por otro lado, son las moléculas que componen y gobiernan la vida. Estas sustancias incluyen carbohidratos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos y muchas otras. Cada una de estas cumple una función específica en los seres vivos. Por ejemplo, las proteínas son las obreras de la célula, catalizando reacciones químicas, transportando nutrientes y transmitiendo señales. Los ácidos nucleicos, como el ADN y el ARN, almacenan y transmiten la información genética, lo que permite la herencia y la evolución. Los carbohidratos proporcionan energía y estructura, mientras que los lípidos forman membranas celulares y actúan como reservas de energía.

Pero la química orgánica y las biomoléculas van más allá de ser simplemente las piezas de un rompecabezas biológico. Su comprensión y manipulación son esenciales en la investigación y el desarrollo de fármacos, la ingeniería genética, la biotecnología y la síntesis de compuestos químicos útiles en una amplia gama de aplicaciones. Los avances en esta área han llevado a la creación de medicamentos que salvan vidas, la producción de alimentos más nutritivos y resistentes, y la generación de energía sostenible a partir de

fuentes renovables, por nombrar solo algunos ejemplos.

Objetivo

Reconocer las propiedades nutricionales de los alimentos a través de la comprensión de la función de las biomoléculas, con un criterio de adaptación a las características individuales de cada persona.

1.6. Fundamentos de química orgánica

1.6.1. Química del carbono

La Química Orgánica en un sentido amplio estudia los elementos y compuestos que se encuentran formando parte de los seres vivos, y que intervienen en sus intercambios con el entorno. Pero, en un sentido más estricto, se considera que la química orgánica es aquella que estudia al carbono y sus compuestos, ya que este es el elemento fundamental que forma la estructura de los seres vivos en nuestro planeta.

Por ello, a los compuestos que contienen carbono se les conoce como compuestos orgánicos, a excepción de los óxidos de carbono (CO y CO_2) y los carbonatos, que se estudian dentro de la química inorgánica, aunque pueden originarse a partir de seres vivos.

También se incluye dentro de esta rama al petróleo (que se forma por los restos de organismos vivientes que habitaron la Tierra hace millones de años) y sus derivados, a los derivados de carbón, y a muchos preparados sintéticos que se crean en laboratorios, cuya composición básica es el elemento carbono.

La química orgánica tiene gran importancia en la actualidad. Esto se debe al crecimiento de la investigación científica en relación con la síntesis de una variedad de productos derivados del carbono y que son de gran utilidad para la vida humana en diferentes actividades tales como: medicina, alimentación, vivienda, deporte, etc (21).

Para iniciar, debemos recordar muy bien la estructura y características del elemento carbono.

NOMBRE:	Carbono
Símbolo	C
Número atómico (Z)	6
Masa atómica	12.01
Isótopos más estables	^{12}C, ^{13}C, ^{14}C
Serie química	No metal
Período (número de orbitales)	2
Grupo o familia	IV A
Electronegatividad	2.5

Tabla 7. Química del carbono. (13)

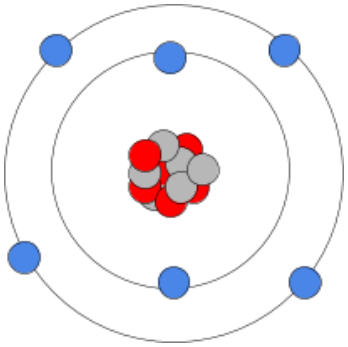


Figura 36. Átomo carbono. (13)

Ciclo del carbono:

El carbono que existe en nuestro planeta es constantemente reciclado, y pasa desde los seres vivos hasta el ambiente, y viceversa.

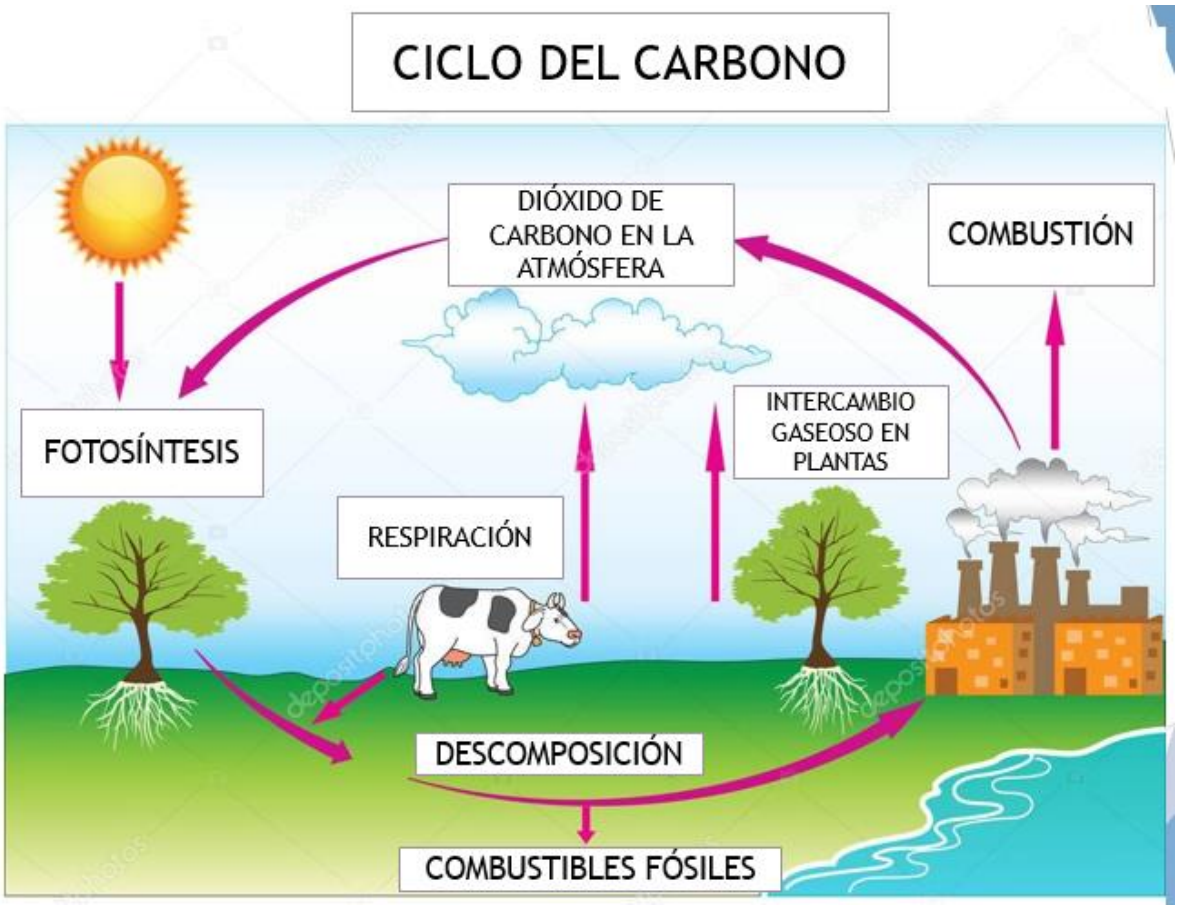


Figura 37. Ciclo del carbono. (22)

En la atmósfera, el carbono se encuentra formando el dióxido de carbono o anhídrido carbónico. Este gas es captado por los vegetales, y a través de la fotosíntesis en presencia de la luz solar, aprovecha este carbono para formar diversas moléculas indispensables para la vida, principalmente azúcares. Los animales herbívoros, al consumir plantas, pasan el carbono a sus organismos, en donde forma parte de un gran número de compuestos a través del metabolismo de los nutrientes. Cuando un animal carnívoro se alimenta de un herbívoro, de nuevo incorpora ese carbono a su organismo. Este carbono es devuelto a la atmósfera desde los seres vivos directamente por tres procesos: a través de la respiración, a través de desechos, como heces y orina, y a través de la descomposición, cuando los organismos mueren. Para lograr esto, intervienen además bacterias, hongos y seres similares, capaces de aprovechar el carbono que queda en la tierra.

Otra forma en que el carbono de los seres vivos regresa a la atmósfera es a través de la combustión. Cuando una planta, o la madera que produce se quema, el carbono pasa a formar parte de los gases de la combustión, principalmente monóxido de carbono y dióxido de carbono.

Recordemos además que la materia orgánica producto de la descomposición de los seres vivos se va acumulando bajo tierra, y en el trascurso de millones de años, se convierte en petróleo. Los seres humanos han logrado extraer este compuesto y convertirlo en una gran cantidad de derivados, como combustibles para máquinas, autos, industrias, etc., y plásticos.

Cuando el petróleo y sus derivados entran en combustión, de igual modo se producen los gases de carbono que son devueltos a la atmósfera.

Las variaciones en este ciclo han provocado modificaciones en los ecosistemas a lo largo de la historia de nuestro planeta. Así, hace millones de años, al existir una mayor cantidad de bosques sobre la Tierra, una buena parte del carbono estaba contenido en estos, de modo que el porcentaje de oxígeno en la atmósfera era mayor. Esto permitió el crecimiento de animales más grandes que los actuales. En la actualidad, la disminución de los grandes bosques y el aumento en el uso del petróleo y sus derivados, ha dado lugar a que se incremente el porcentaje del anhídrido carbónico en la atmósfera. Esto está provocando el calentamiento global, con sus consecuencias negativas para el desarrollo de la vida.

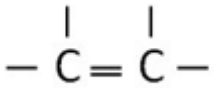
Formación de compuestos de carbono:

Como podemos observar, un átomo de carbono cuenta con cuatro electrones de valencia, es decir, en su nivel de energía más externo. Por lo tanto, podemos deducir que forma cuatro enlaces, con hasta cuatro átomos diferentes. En los compuestos orgánicos, estos enlaces siempre serán covalentes, es decir, se forman compartiendo los electrones de valencia de los diferentes átomos.

Una propiedad muy interesante del carbono, es que puede unirse con otros átomos de carbono para formar cadenas que pueden ser cortas (con dos átomos de carbono), o muy largas, incluyendo hasta cientos de átomos de carbono que forman parte de un solo compuesto.

Cuando dos átomos de carbono se unen de manera que cada uno comparte solo uno de sus electrones de valencia, se forma un enlace simple. Así, en cada átomo de carbono quedan libres tres electrones para formar enlaces con otros átomos, que pueden ser de carbono o de otros elementos.

Cuando dos átomos de carbono se unen compartiendo cada uno 2 de sus electrones de valencia, se forma un enlace doble, es decir, dos átomos quedan unidos mediante dos enlaces. De este modo, en cada átomo de carbono quedan libres dos electrones para formar enlaces.



Por último, cuando dos átomos de carbono se unen compartiendo cada uno 3 de sus electrones de valencia, se forma un enlace triple, es decir, dos átomos quedan unidos mediante 3 enlaces. Así, en cada átomo de carbono queda libre un único electrón para formar otro enlace.

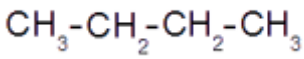
Los enlaces dobles y triples no son exclusivos del carbono. Varios elementos más pueden formarlos, como por ejemplo el oxígeno, el nitrógeno, el azufre, el fósforo, etc.

Un enlace simple se conoce también como saturado, mientras que los enlaces dobles y triples se conocen como insaturados (23).

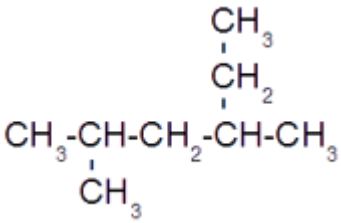
Estructuras básicas de los compuestos de carbono:

Observando la forma que toman las cadenas de carbono, podemos encontrar 3 configuraciones:

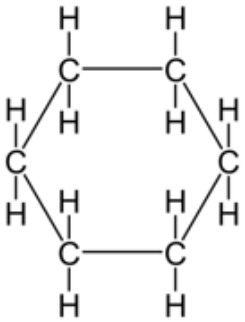
- **Cadenas lineales:** los átomos de carbono se disponen formando líneas sin ramificaciones.



- **Cadenas ramificadas:** los átomos de carbono se disponen formando una cadena principal desde la cual aparecen ramificaciones, o líneas secundarias.



- **Cadenas cíclicas:** los átomos de carbono se disponen formando cadenas en que sus extremos se tocan, formando figuras geométricas como triángulos, cuadrados, pentágonos, hexágonos, etc., en dependencia del número de átomos de carbono que lo conforman.



Como se mencionó, el elemento más abundante en las moléculas orgánicas es el carbono, sin embargo, también se consideran abundantes el hidrógeno,

el oxígeno y el nitrógeno. Para recordarlo, vamos a valernos del acrónimo CHON, que contiene el símbolo de cada uno de estos elementos.

Así, en dependencia del número de estos elementos básicos que conforman una molécula, los compuestos de carbono pueden clasificarse de este modo:

Figura 38. Compuestos del carbono. (13)

Polímeros:

Los polímeros son compuestos complejos formados por cadenas de moléculas independientes. Es decir, varias moléculas se unen en proporción variable para formar un solo compuesto.

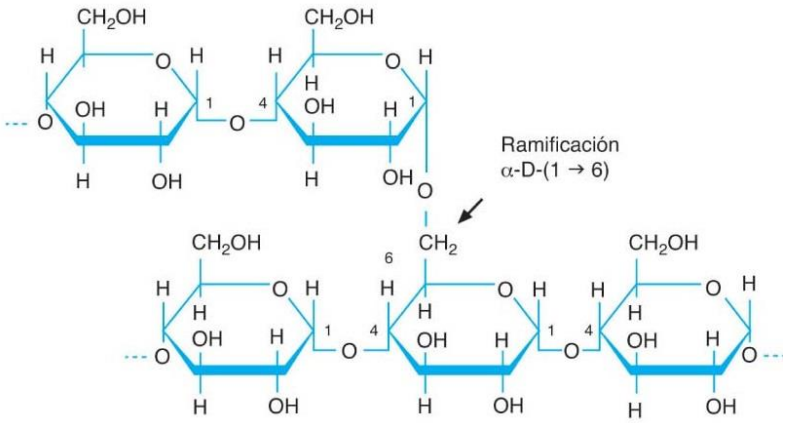


Figura 39. Polímeros. (13)

Muchas moléculas orgánicas tienen esta forma de polímeros. Por ejemplo, el almidón, cuya estructura se representa en la imagen, es un polímero compuesto por una sucesión de moléculas de glucosa. Otros polímeros son las proteínas, los ácidos nucleicos, e incluso los plásticos (20).

1.6.2. Características de los principales compuestos orgánicos

La química orgánica es una ciencia muy extensa y compleja, que requiere mucho tiempo de estudio para comprenderla. Sin embargo, para el estudio presente, vamos a revisar lo básico, que será necesario para la comprensión de temas posteriores.

La cantidad de compuestos orgánicos, es decir, formados por el carbono, es muy grande. Es por ello que se los ha clasificado en dependencia de su estructura y características distintivas.

1.6.2.1. Hidrocarburos

Son los compuestos orgánicos más sencillos, que resultan de la unión de átomos de carbono con átomos de hidrógeno, es decir, son binarios. Los átomos de carbono forman entre sí cadenas lineales, ramificadas o cíclicas, unidos por enlaces simples, dobles o triples. Así, los hidrocarburos pueden clasificarse de acuerdo con su tipo de cadena y tipo de enlace (12).

- **Hidrocarburos alifáticos**

Los hidrocarburos alifáticos están compuestos por cadenas de átomos de carbono que pueden ser lineales, ramificadas o cíclicas. De acuerdo al tipo de enlace se clasifican en: alcanos, alquenos y alquinos.

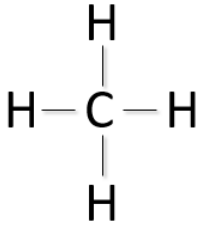
Los alcanos son hidrocarburos que sólo contienen enlaces simples carbono-carbono, los alquenos contienen enlaces dobles carbono-carbono, y los alquinos son hidrocarburos que contienen un triple enlace carbono-carbono.

- **Alcanos**

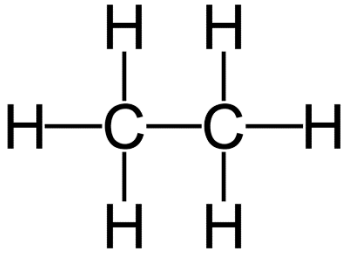
Los alcanos son compuestos formados por carbono e hidrógeno que sólo contienen enlaces simples carbono – carbono.

El nombre de todos los alcanos termina en "-ano". Así, por ejemplo, tenemos el metano, etano, propano, butano, pentano, hexano, etc.

El alcano más sencillo de todos es el metano, que tiene un solo átomo de carbono, y cuya fórmula química es CH_4. Este es un gas que se produce por la descomposición de la materia orgánica, y que forma parte del llamado gas natural, que se obtiene a partir de yacimientos que se encuentran bajo tierra generalmente asociados a petróleo, y que se usa como combustible.



Incrementando un átomo de carbono, tendremos al etano, cuya fórmula es C_2H_6.



Formas de representar a las estructuras:

Es útil hacer un paréntesis para explicar los modos en que se pueden representar a las moléculas orgánicas. A continuación, se representan algunas modalidades comunes, tomando como ejemplo al alcano que posee 3 carbonos, el propano.

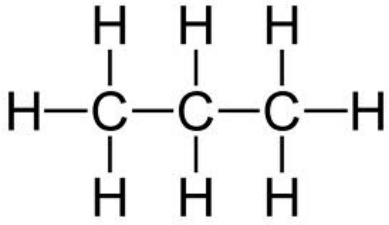
- **Fórmula molecular:**

Se escriben los símbolos de cada elemento acompañado por su número a manera de subíndices.

$$C_3H_8$$

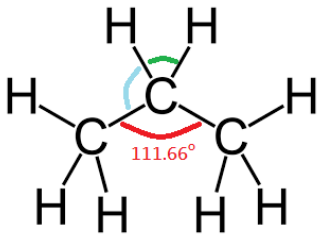
- **Fórmula desarrollada:**

Se dibujan los símbolos de todos los átomos y la manera en que se encuentran unidos.



- **Fórmula geométrica:**

Es una representación de la fórmula desarrollada, pero tratando de graficar los verdaderos ángulos que forman los enlaces en un plano tridimensional.



- **Fórmula semidesarrollada**

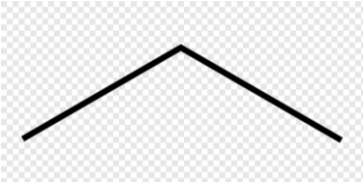
Se representan cada átomo de carbono con los demás átomos a los que está unido, como si fuese una fórmula molecular, y únicamente se dibujan los enlaces entre los átomos de carbono.

$$CH_3 - CH_2 - CH_3$$

- **Fórmula lineal o esqueletal**

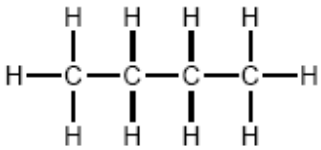
Es una manera muy popular para representar fácilmente las moléculas, especialmente aquellas que son complejas, de modo que se ahorra tiempo y espacio. En este tipo de representación, solo se dibujan los enlaces entre los átomos de carbono a modo de líneas en zigzag, o formando figuras. El extremo de cada línea, o cada vértice, representa un átomo de carbono. Los

átomos de hidrógeno no se dibujan, ya que se supone que cada átomo de carbono va acompañado por sus respectivos átomos de hidrógeno, pero los átomos de otros elementos sí se representan.



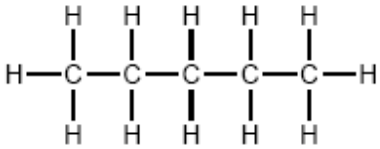
A continuación, se representan otros de los alcanos más simples:

♣ **Estructura del butano**



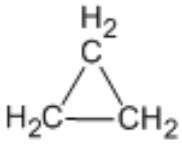
$CH_3CH_2CH_2CH_3$

♣ **Estructura del pentano**

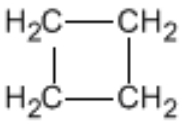


$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$

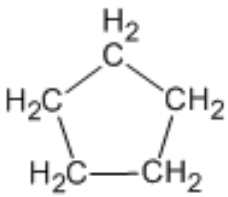
También existen los cicloalcanos, que son alcanos que tienen los extremos de la cadena unidos, formando un ciclo. Tienen dos hidrógenos menos que el alcano del que derivan, por ello su fórmula molecular es C_nH_{2n}. Se nombran utilizando el prefijo "ciclo" seguido del nombre del alcano.



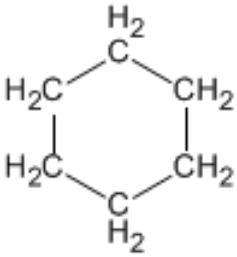
Ciclopropano



Ciclobutano



Ciclopentano



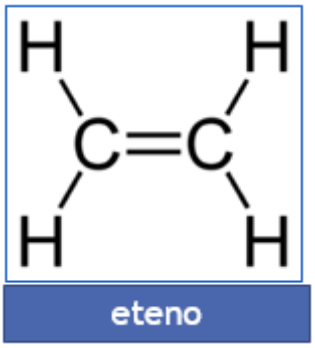
Ciclohexano

- **Alquenos**

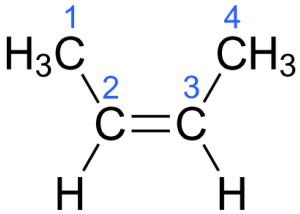
Los alquenos son compuestos formados por carbono e hidrógeno que contienen al menos un enlace doble entre carbono – carbono.

El nombre de todos los alquenos termina en "-eno". Así, por ejemplo, tenemos el propeno, buteno, hexeno, etc.

El alqueno más simple de todos es el eteno, también llamado etileno. Este es un compuesto producido de forma natural por los vegetales y que estimula la maduración de los frutos y el envejecimiento de hojas y flores.



En ocasiones podemos encontrar nombres de alquenos que van acompañados de un número, por ejemplo, 2-buteno. Este número indica la posición en que aparece el doble enlace en la cadena de carbonos.

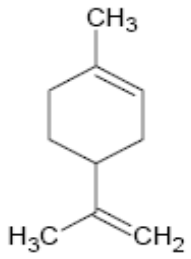


Así, podemos ver que en el 2-buteno, el doble enlace aparece en el carbono que tiene la posición número 2.

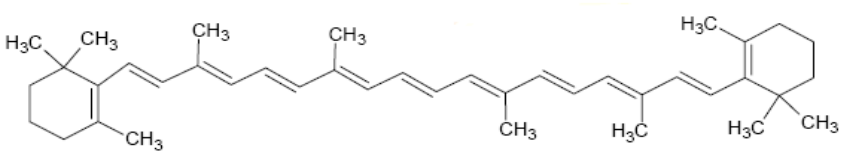
Los alquenos son muy comunes en la naturaleza, ya que muchos de ellos son nutrientes y moléculas con propiedades medicinales.

Por ejemplo, el α–pineno es una sustancia que forma parte de algunos aceites esenciales de plantas, como en el pino y ciprés.

También mencionamos al β-caroteno, un compuesto perteneciente al grupo de los carotenoides que contiene 11 dobles enlaces, y del cual deriva la vitamina A. En esta molécula, puede observarse que también existen alquenos cíclicos, es decir, moléculas formadas por cadenas de carbono que se unen en los extremos y que contienen dobles enlaces.



α–pineno



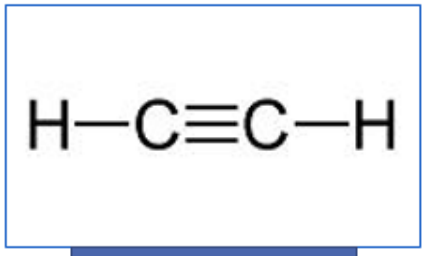
β-caroteno

- **Alquinos:**

Los alquinos son compuestos formados por carbono e hidrógeno que contienen al menos un enlace triple entre carbono – carbono.

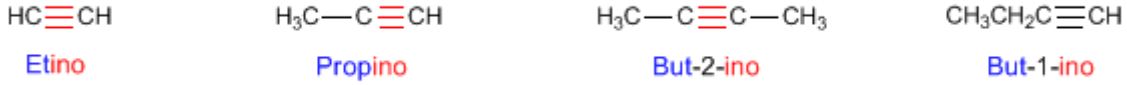
El nombre de todos los alquenos termina en "-ino". Así, por ejemplo, tenemos el propino, butino, hexino, etc.

El acetileno o etino es el alquino más simple, un gas que se usa para soldadura.



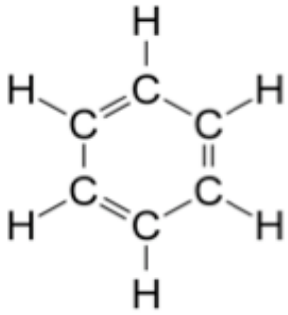
Etino (acetileno)

Los alquinos tienen unas propiedades físicas similares a los alcanos y alquenos. Son poco solubles en agua, tienen una baja densidad y presentan bajos puntos de ebullición (23).

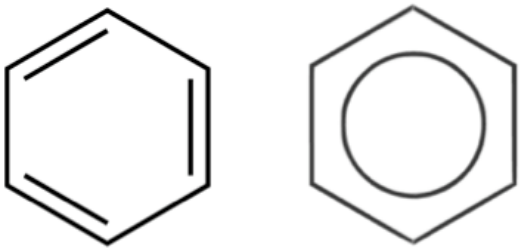


- **HIDROCARBUROS AROMÁTICOS**

Para hablar de hidrocarburos aromáticos, primero debemos conocer al benceno. El benceno es un hidrocarburo cíclico formado por 6 átomos de carbono y 6 átomos de hidrógeno, con fórmula C_6H_6, el cual contiene 3 dobles enlaces intercalados. Cada uno de los átomos de carbono está unido a un átomo de carbono por enlace simple, a otro átomo de carbono por enlace doble, y a un átomo de hidrógeno. Así, se forma la estructura que se muestra a continuación.



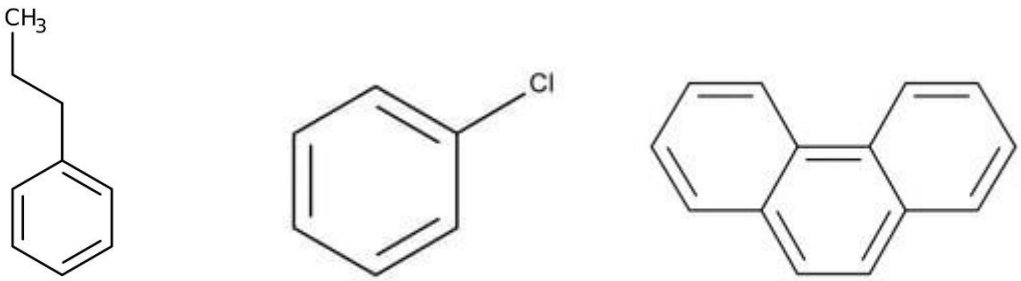
Otras formas habituales de representar las moléculas de benceno son las siguientes:



Los compuestos químicos que contienen benceno en su estructura son clasificados como aromáticos, y son muy abundantes en la naturaleza, ya que se trata de una estructura muy estable.

Aunque el científico Michael Faraday (1791-1867) fue quien descubrió el benceno en 1825, su estructura fue determinada por el químico Friedrich August Kekulé (1829-1896). Se cuenta que determinó la peculiar estructura de este compuesto a través de un sueño en el que veía una serpiente que se mordía la cola.

El benceno es un compuesto que fácilmente reacciona para formar una amplia variedad de moléculas. Estos derivados son los hidrocarburos aromáticos (21).



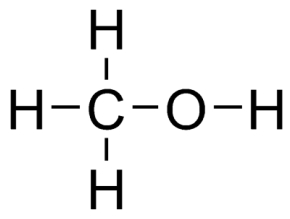
1.6.2.2. Compuestos orgánicos oxigenados

- **Alcoholes**

Los alcoholes son un grupo de compuestos orgánicos formados por una cadena de hidrocarburo en la que se encuentran uno o varios grupos hidroxilo (OH) sustituyendo a átomos de hidrógeno. Es decir, vemos un átomo de carbono que se une a un átomo de oxígeno, y este a su vez, se une a un átomo de hidrógeno.

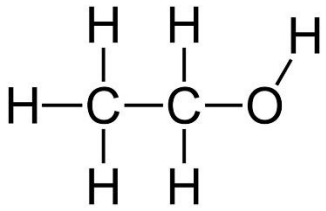
Se nombran generalmente a partir del nombre de la cadena de hidrocarburo, adicionando el sufijo “ol”. También se puede adicionar el sufijo “ílico”, conjuntamente con la palabra alcohol. Así tenemos, por ejemplo: metanol o alcohol metílico, etanol o alcohol etílico, propanol o alcohol propílico, butanol o alcohol butílico, etc.

- **Metanol:**



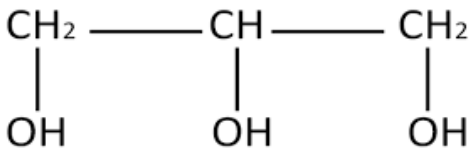
El metanol es el alcohol más sencillo de todos, ya que tiene un solo átomo de carbono. Este compuesto, también llamado alcohol metílico o alcohol de madera, es un líquido incoloro, miscible en agua, con un punto de ebullición de 65º C, y altamente tóxico. Es común encontrarlo en licores adulterados, que pueden provocar desde ceguera hasta la muerte, ya que eleva la acidez de la sangre. Por ello se usa bicarbonato de sodio como antídoto, y también etanol, para inactivar la enzima que lo transforma en los derivados tóxicos.

- **Etanol**



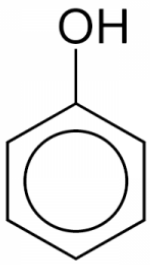
El etanol, también llamado alcohol etílico, es un compuesto que contiene dos átomos de carbono. Se obtiene a través de la fermentación de materia vegetal y posterior destilación, hasta una concentración de entre 96 a 98%, lo que se conoce como alcohol potable. El etanol es un líquido incoloro, miscible en agua en todas proporciones, con punto de ebullición de 78ºC. Es fácilmente metabolizado por nuestros organismos, aunque su abuso causa alcoholismo, con sus conocidas consecuencias negativas para la salud, ya que causa embriaguez, depresión del sistema nervioso central, pérdida de memoria, cirrosis hepática, entre otras.

- **Glicerol**



El glicerol o glicerina es un alcohol formado por 3 átomos de carbono y 3 grupos hidroxilo, es decir, es un polialcohol. La glicerina es un compuesto que se encuentra formando parte de la estructura de los triglicéridos, como se verá más adelante.

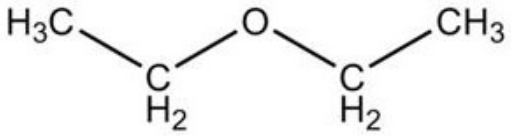
- **Fenol**



El fenol, o alcohol fenílico, es un alcohol de tipo aromático, ya que está formado por benceno unido a un grupo hidroxilo. Es un compuesto que se usa para la fabricación de nylon y otras fibras sintéticas. Se usa igualmente como un buen antiséptico y desinfectante en la industria química, farmacéutica y clínica, así como materia prima para elaboración de aspirina, enjuagues y desinfectantes bucales, aunque actualmente está en desuso por existir opciones más efectivas y seguras (21).

- **Éteres**

Los éteres son un tipo de compuestos orgánicos que generalmente se obtienen por la conjugación de dos alcoholes en condiciones especiales. Químicamente se caracterizan porque se observan dos cadenas de hidrocarburos que se unen a través de un átomo de oxígeno, que sirve como un puente. La extensión de cada cadena es variable.



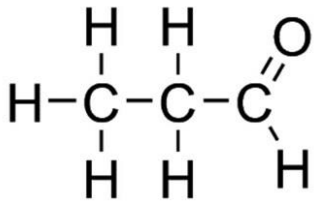
Aquí se puede observar la estructura de uno de los éteres más conocidos, que es el éter etílico. Es un compuesto que durante algún tiempo se usó como anestésico local, sin embargo, ya no se lo utiliza porque es carcinogénico (21).

- **Aldehídos y cetonas**

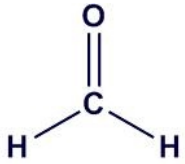
Los aldehídos y las cetonas se caracterizan por la presencia del grupo carbonilo, que consiste en un átomo de carbono unido a través de doble enlace a un átomo de oxígeno.

Cuando el carbonilo se encuentra al extremo de una cadena de hidrocarburos se llama aldehído. Es decir, en un aldehído encontraremos un carbono unido por doble enlace a oxígeno en un extremo de una cadena de carbonos.

El nombre de los aldehídos termina en el sufijo “al”, o “aldehído”. Por ejemplo, a continuación se presenta el propanal o propionaldehído.

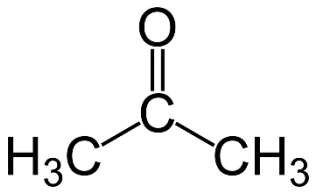


Así tenemos que el aldehído más simple de todos, que posee un solo átomo de carbono, es el metanal, formaldehído o aldehído fórmico, también conocido como formol, una sustancia que se usa para el embalsamamiento y la conservación de tejidos orgánicos.



Cuando el carbonilo se encuentra en una cadena de hidrocarburo en cualquier carbono que no se encuentre en los extremos, se conoce como cetona. Es decir, vamos a encontrar un carbono unido a un oxígeno a través de doble enlace en cualquier posición que no sea el extremo de la cadena. El nombre de las cetonas termina en el sufijo "ona", o "cetona".

La cetona más simple de todas es la propanona, también llamada acetona o dimetilcetona, una sustancia muy utilizada para disolver y limpiar la pintura de tipo esmalte (21).

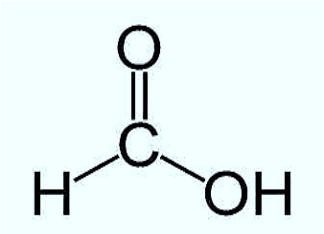


- **Ácidos Carboxílicos**

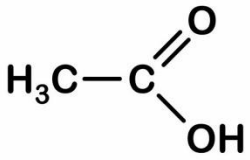
Los ácidos carboxílicos son compuestos caracterizados por la presencia del grupo carboxilo, que consiste en un átomo de carbono unido por doble enlace a oxígeno, y a la vez unido a un hidroxilo (OH). Es decir, es aldehído y alcohol al mismo tiempo. A menudo este grupo se representa como COOH.

Los nombres de los ácidos carboxílicos están formados por el nombre del hidrocarburo terminado en el sufijo "oico" o "ico", anteponiendo la palabra ácido.

El ácido carboxílico más simple es el ácido metanoico, también llamado ácido fórmico. Esta es la sustancia que generan las hormigas cuando muerden a un enemigo, como mecanismo de defensa.

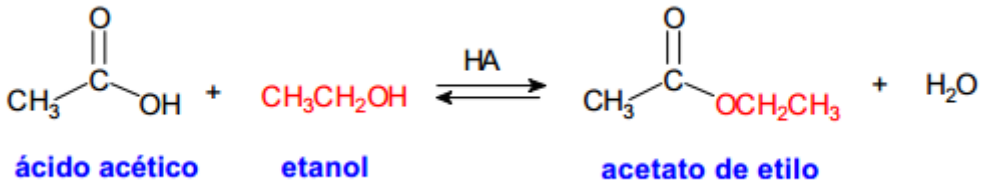


Una gran variedad de compuestos propios de los seres vivos tiene estructura de ácidos carboxílicos, tales como el ácido acético, cuya estructura se muestra a continuación y que es el principal componente del vinagre, pero también por ejemplo el ácido oxálico, el ácido cítrico, los ácidos grasos que forman parte de lípidos, y los aminoácidos que forman parte de las proteínas (21).



- **Ésteres**

Los ésteres son compuestos orgánicos formados por la unión de un ácido carboxílico más un alcohol.



Como puede observarse en la reacción, el hidroxilo (OH) del alcohol se separa del resto de la cadena, y esta a su vez reemplaza el átomo de hidrógeno que estuvo unido al átomo de oxígeno en el hidroxilo del ácido carboxílico.

Los ésteres se nombran como sales del ácido del que provienen, cambiando la terminación -oico del ácido por –ato u –oato. Por ejemplo, el éster resultante de ácido acético y etanol se nombra como acetato de etilo. O el éster resultante de ácido propiónico y metanol se nombra como propionato de metilo.

Los triglicéridos, un tipo de lípidos o grasas muy comunes en aceites, mantecas, y que también se encuentran en la sangre, no son más que ésteres formados por glicerol y ácidos grasos, como veremos en el tema respectivo (21).

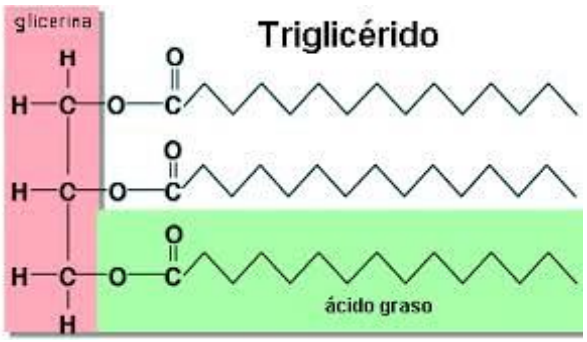
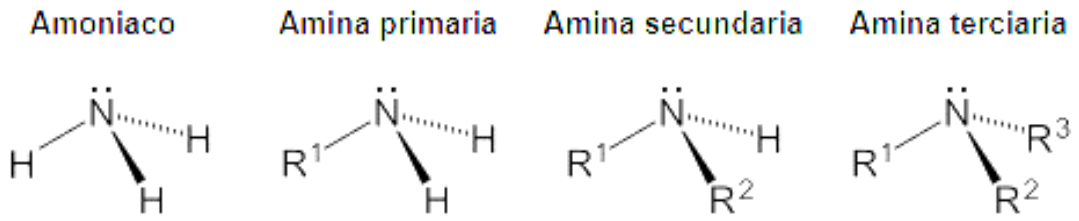


Figura 40. Estructura de un triglicérido. (13)

1.6.2.3. Compuestos orgánicos nitrogenados

- **Aminas**

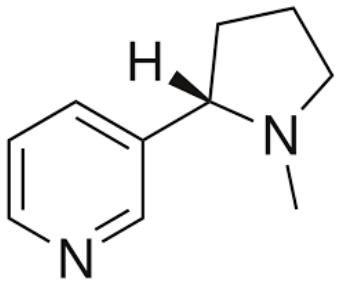
Las aminas son compuestos orgánicos que se consideran como derivados del amoniaco (NH_3) y resultan de la sustitución de los átomos de hidrógeno de esta molécula por cadenas de carbono. Según se sustituyan uno, dos o tres átomos de hidrógeno, las aminas serán primarias, secundarias o terciarias, respectivamente.



En estos ejemplos, la letra R simboliza un átomo o grupo de átomos diferentes a hidrógeno. Los dos puntos que se visualizan sobre los átomos de nitrógeno, representan el par de electrones de valencia que no forman enlaces.

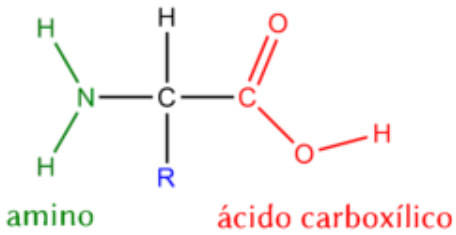
Las aminas son parte de los alcaloides, que son compuestos complejos que se encuentran en las plantas, y muchos de ellos tienen propiedades psicotrópicas, tales como morfina y nicotina.

Algunas aminas son biológicamente importantes y forman hormonas como la adrenalina y la noradrenalina.



NICOTINA

Los aminoácidos son un tipo de compuestos que contienen el grupo amina, y que forman a las proteínas, como se verá más adelante (21).



- **Biomoléculas**

Las biomoléculas son compuestos químicos que se encuentran en los organismos vivos. También son conocidas como metabolitos, ya que son producto del metabolismo, es decir, del conjunto de reacciones bioquímicas que ocurren para mantener todos los procesos vitales. Estás moléculas tienen en común que todas parten de un esqueleto hidrocarbonado en las que, en dependencia de su tipo específico, aparecen otros elementos como oxígeno, nitrógeno, azufre, fósforo, entre otros.

Existen dos tipos de metabolitos:

- **Metabolitos primarios:** Son aquellos más abundantes y que se encuentran de forma indistinta en todos los seres vivos. Están implicados en los procesos vitales más básicos.
- **Metabolitos secundarios:** Son menos abundantes que los primarios, y tienen una distribución limitada, es decir, hay tipos de metabolitos secundarios que solo son producida por ciertas especies. Están

implicados en procesos más especializados como adaptación y defensa.

En la presente unidad, vamos a estudiar a los metabolitos primarios, que son:

- Hidratos de carbono
- Lípidos
- Proteínas, y
- Ácidos nucleicos (24) .

1.7. Hidratos de carbono

Características estructurales:

Son llamados también carbohidratos, azúcares o glúcidos.

Son biomoléculas formadas por los vegetales a través el proceso de fotosíntesis.

A través de la fotosíntesis, las plantas son capaces de combinar el dióxido de carbono que se encuentra en el aire, con agua, utilizando como fuente de energía los rayos solares, para obtener moléculas de azúcar (glucosa), y oxígeno. La glucosa es una de las moléculas básicas para la vida, ya que su transformación da lugar a una multitud de otros compuestos. Esta reacción puede representarse de la siguiente manera:

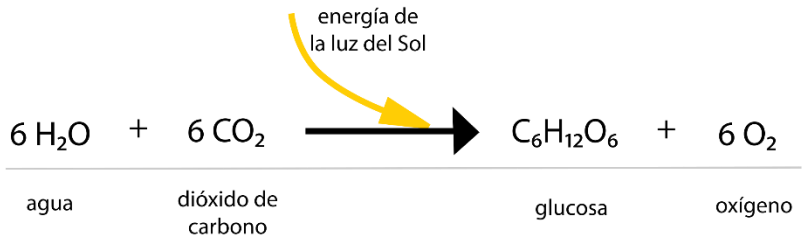
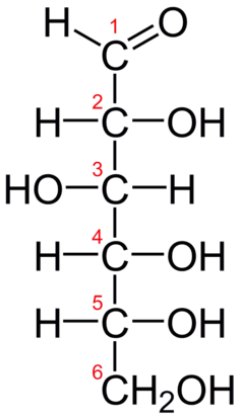


Figura 41. Reacción de fotosíntesis. (13)

Los carbohidratos son muy importantes ya que constituyen la principal fuente de energía que se requiere para el desarrollo de todos los procesos metabólicos.

Estos compuestos están formados por tres elementos: carbono, hidrógeno, y oxígeno. Estructuralmente, son polialcoholes, es decir, contienen varios grupos hidroxilos (OH), y también existe la presencia de un grupo cetona o aldehído.



Clasificación:

El principal criterio de clasificación de los carbohidratos es el número de moléculas individuales de azúcar que los constituyen. Así tenemos:

- **Monosacáridos:** son carbohidratos constituidos por una sola molécula simple.
- **Oligosacáridos:** son carbohidratos constituidos por la unión de varias moléculas de monosacáridos, entre 2 a 10 unidades. Las más importantes son los disacáridos, que contienen 2 moléculas de azúcar.
- **Polisacáridos:** son carbohidratos constituidos por la unión de una gran cantidad de moléculas de monosacáridos, más de 10, llegando incluso a los cientos, formando largas cadenas lineales o ramificadas (25).

Monosacáridos:

Son los azúcares más simples de todos, ya que contienen una única molécula. Se caracterizan por presentarse en forma de polvos o cristales de color blanco, con sabor dulce y altamente solubles en agua.

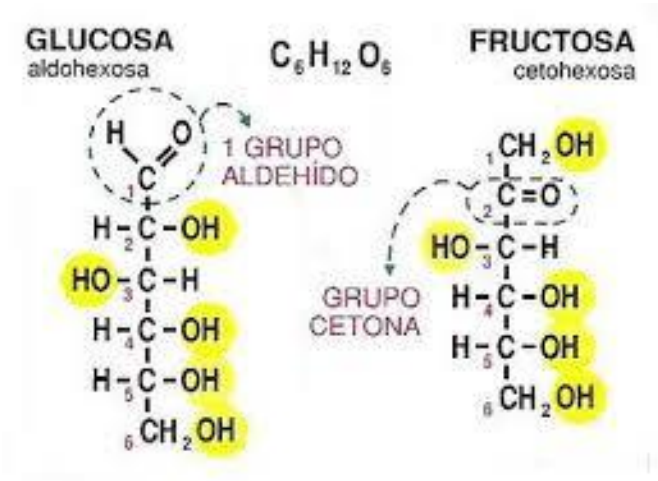
Estructuralmente, contienen entre 3 y 7 átomos de carbono. De acuerdo a esto, se clasifican en:

- Triosas: contienen 3 átomos de carbono
- Tetrosas: contienen 4 átomos de carbono
- Pentosas: contienen 5 átomos de carbono
- Hexosas: contienen 6 átomos de carbono
- Heptosas: contienen 7 átomos de carbono.

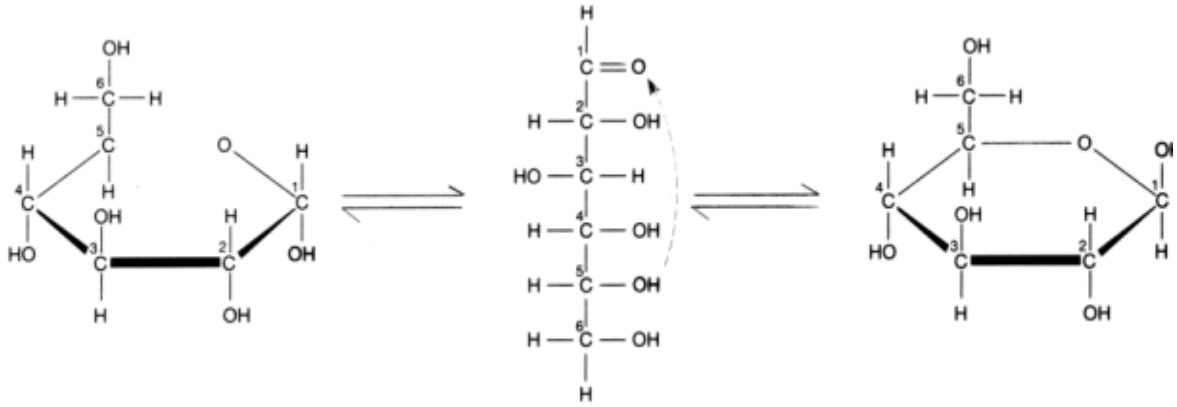
También, en dependencia de si poseen un grupo cetona o aldehído, se clasifican en:

- Cetosas: contienen un grupo cetona. Se les nombra con el prefijo ceto.
- Aldehídos: contienen un grupo aldehído. Se les nombra con el prefijo aldo.

Esta clasificación es la base para nombrar cada variante de monosacárido. Por ejemplo, una cetohexosa es un azúcar que contiene 6 átomos de carbono y un grupo cetona; y una aldopentosa es un azúcar que contiene 5 átomos de carbono y un grupo aldehído.



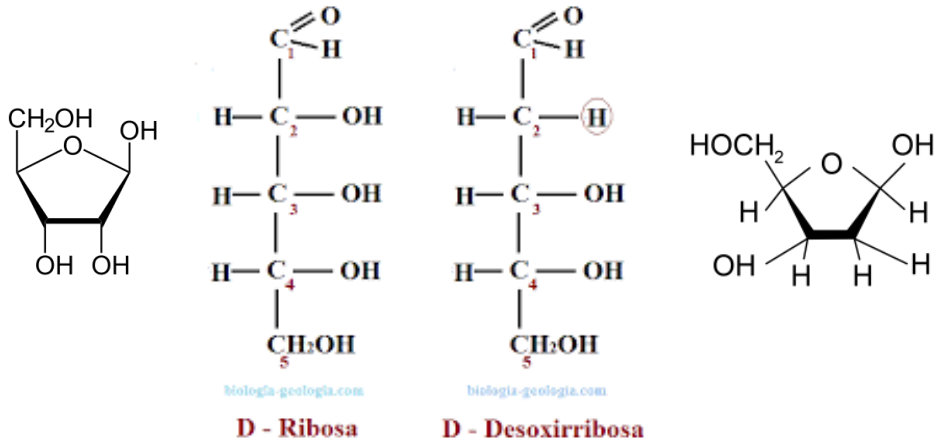
Las pentosas y las hexosas pueden presentarse en forma lineal, pero también es común en forma cíclica, especialmente si se encuentran disueltas en agua. De hecho, de forma espontánea estás moléculas lineales pasan a forma cíclica y viceversa (23).



Monosacáridos importantes:

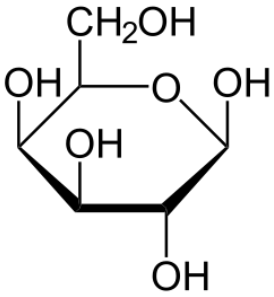
- **Ribosa y desoxirribosa**

Estos azúcares son aldopentosas que forman parte de los ácidos nucleicos, como estudiaremos más adelante. La ribosa aparece en el ARN y la desoxirribosa en el ADN.



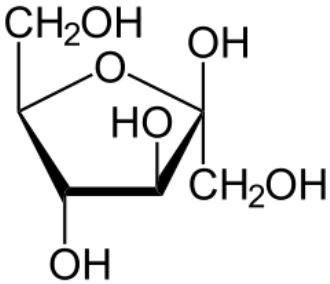
- **Galactosa**

Este monosacárido es producido por los animales mamíferos y se encuentra formando parte de la leche en todas las especies que la producen, específicamente de la lactosa. Cuando es absorbida por el ser humano, se convierte en glucosa al pasar por el hígado. En algunas personas existe una enfermedad llamada galactosemia, en la que no se producen las enzimas necesarias para esta transformación de la galactosa, lo que provoca que se acumule en la sangre, produciendo alteraciones en la salud.



- **Fructosa**

Este azúcar es muy abundante en el reino vegetal, y se encuentra especialmente en las frutas, aunque también en la miel de abeja. Forma parte de la sacarosa, que es el azúcar de mesa. Es un glúcido que genera energía rápidamente, por lo que es usado por deportistas en sus entrenamientos, con la ventaja de que puede ser consumida por personas con diabetes. Algunas personas pueden tener intolerancia a la fructosa, o trastornos del intestino delgado que dificulten su absorción.



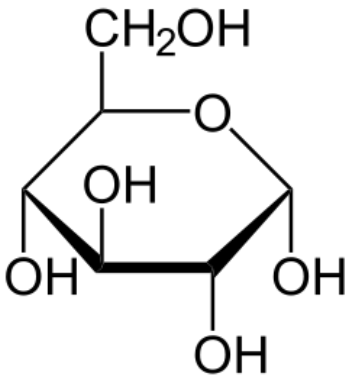
- **Glucosa**

La glucosa es el principal monosacárido de la naturaleza. Como se mencionó, es producido a través de la fotosíntesis en las plantas. Se encuentra en todos los vegetales, en forma libre como en frutas, pero también en combinación para formar oligosacáridos y polisacáridos, como los almidones. También existe en derivados de animales, como la leche y la miel de abeja.

La glucosa es la principal fuente de energía celular, puesto que produce 4 Kcal/g. Para ello, debe ingresar en la célula y ser metabolizada en el llamado ciclo de Krebs.

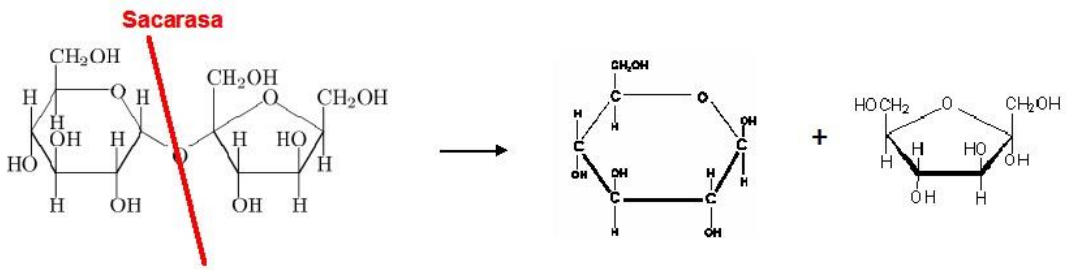
La principal patología relacionada con el aprovechamiento de la glucosa es la diabetes mellitus, enfermedad que se caracteriza por la dificultad para que este monosacárido ingrese a las células y sea aprovechado, de manera que se acumula en la sangre alcanzando concentraciones superiores a las consideradas normales, lo que se conoce como hiperglucemia.

La diabetes mellitus tipo I se produce por daños en el páncreas, lo que ocasiona que no se produzca la hormona insulina, que es indispensable para que la glucosa ingrese en las células de manera correcta. La diabetes mellitus tipo II se produce por una falta de reconocimiento de los receptores celulares de insulina a esta hormona, con la misma consecuencia (20).



Disacáridos:

Los disacáridos son los oligosacáridos de mayor importancia para el ser humano. Son carbohidratos resultantes de la unión de dos monosacáridos, que pueden ser iguales o diferentes, a través de un enlace que se conoce como O-glucosídico. Este enlace puede romperse por diferentes causas, como la acción de enzimas del cuerpo, provocando la liberación de los monosacáridos. Esto es lo que ocurre en la digestión de carbohidratos, como se verá más adelante, ya que este tipo de moléculas combinadas no pueden ser absorbidas por los intestinos enteras. Además, en estado puro se presentan como sólidos blancos, dulces y solubles en agua (25).



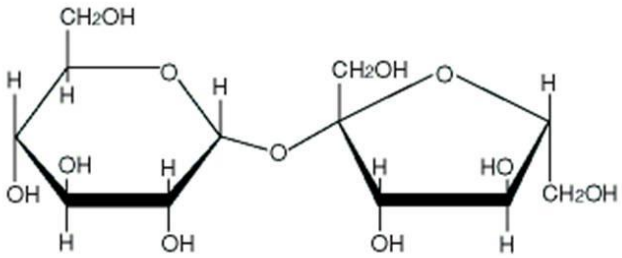
Sacarosa Glucosa Fructosa

Disacáridos importantes:

- **Sacarosa**

Este disacárido está compuesto por glucosa y fructosa, y es el azúcar de mesa que se utiliza comúnmente como endulzante en todo el mundo. Aunque existe en casi todas las plantas, sus fuentes más abundantes son la caña de azúcar y le remolacha azucarera. También se encuentra en la miel de abeja.

En el tracto digestivo, la sacarosa es metabolizada por la enzima sacarasa, para liberar a los monosacáridos que la componen, que son absorbidos por separado.

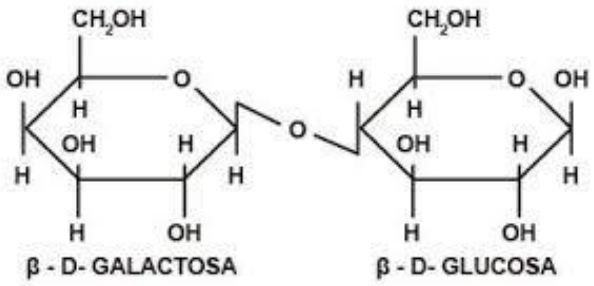


Glucosa Fructosa

- **Lactosa**

La lactosa es un disacárido compuesto por galactosa y glucosa. Es sintetizado por los animales mamíferos como un componente fundamental de la leche, que es su principal fuente. En el trato gastrointestinal, se metaboliza por la enzima lactasa, que separa a ambos monosacáridos.

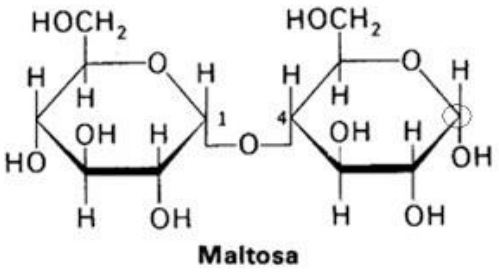
La intolerancia a la lactosa es un trastorno muy común, en el que el cuerpo no produce la enzima lactasa, por lo tanto, la lactosa no puede ser separada ni absorbida. Como consecuencia, llega intacta al intestino grueso, donde sirve como alimento para la microbiota intestinal, produciendo gases y sustancias de desecho que son los responsables de las molestias que aparecen, como dolor y distensión abdominal, diarrea, etc.



- **Maltosa**

Es un disacárido compuesto por la unión de dos moléculas de glucosa. Se forma por la ruptura de moléculas de almidón, especialmente en el proceso de germinación o tostado de granos, como el caso de la cebada, que es trasformada en malta para la producción de cerveza. También se produce durante la preparación del pan.

La enzima capaz de metabolizar a la maltosa se conoce como maltasa (20).



Existen otros oligosacáridos importantes en el campo de la salud. Algunos de ellos forman parte de la fibra alimentaria, y, por tanto, ayudan a regular el tránsito gastrointestinal y la absorción de sustancias por el intestino. Otros, como los FOS (fructo oligosacáridos) son prebióticos y mantienen en buen estado a la microbiota intestinal. Otros, como las gomas y los mucílagos, son componentes vegetales con importantes propiedades terapéuticas.

Polisacáridos:

Son carbohidratos compuestos por la unión de una gran cantidad de moléculas de monosacáridos. Estructuralmente son polímeros, ya que contienen una unidad básica que se repite una cantidad determinada de veces. Pueden estar formados por un solo tipo de monosacárido o por varios. En ocasiones, la diferencia entre un polisacárido y otro se encuentra en la manera en cómo se enlazan los monosacáridos que los componen. No tienen sabor dulce, y son poco solubles en agua.

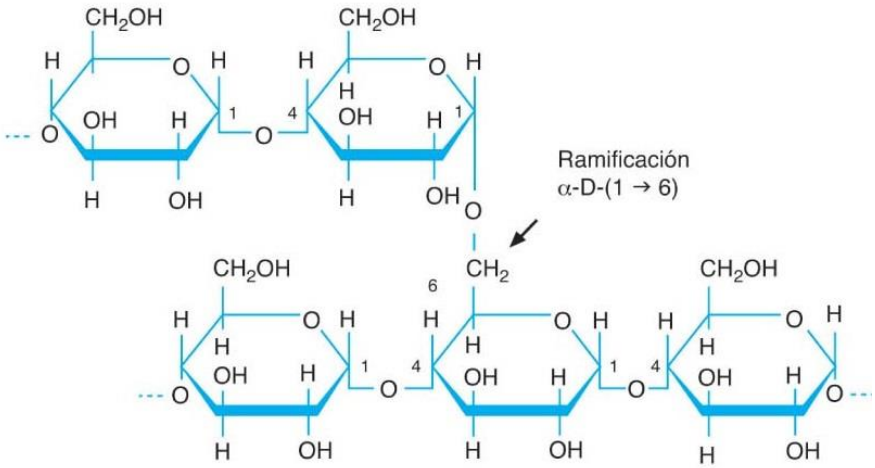
Generalmente, los seres vivos producen polisacáridos con la finalidad de reservar azúcares para su consumo en el futuro, aunque también con fines estructurales.

Polisacáridos importantes:

- **Almidón**

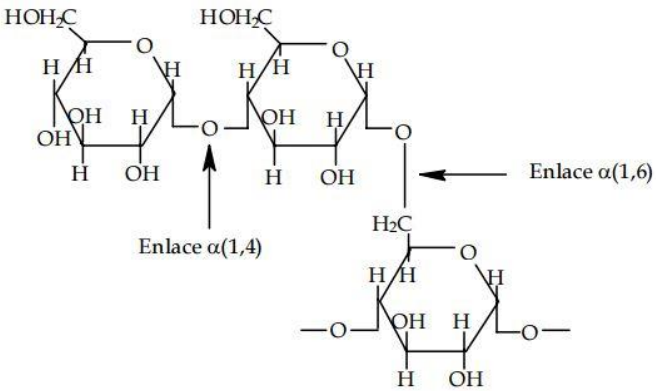
Es un polisacárido formado por moléculas de glucosa. Se forma en todos los vegetales, aunque se encuentra en abundancia en cereales, tubérculos y algunos frutos. La harina, obtenida de la molienda de granos, está constituida en su mayor parte de almidón, que le da sus principales características.

Dentro de los vegetales, es un compuesto de reserva energética, como si fuese un almacén de glucosa al que se recurre cuando se necesita una fuente calórica.



- **Glucógeno**

Es un polisacárido formado por moléculas de glucosa, y se forma en los animales, especialmente en el hígado, siendo el equivalente del almidón de los vegetales. Cumple las mismas funciones de reserva energética que el almidón, y se encuentra de manera especialmente abundante en el hígado, los músculos y el cerebro.

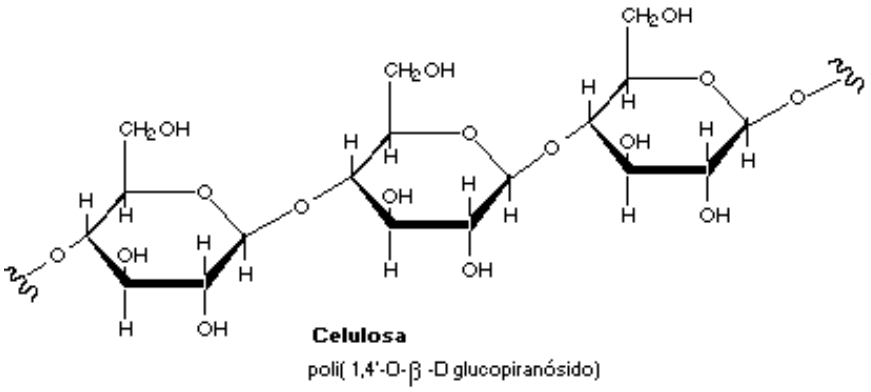


- **Celulosa**

Es un polisacárido compuesto por moléculas de glucosa, que se unen de tal modo que forman fibras rígidas que constituyen la propia estructura de los vegetales. La celulosa está presente en la fibra alimentaria, la madera, las fibras vegetales de todo tipo, etc. De hecho, derivados de vegetales, como el papel y el cartón, están principalmente constituidos por celulosa.

Se considera principalmente un polisacárido estructural y no energético, puesto que los animales no poseen las enzimas necesarias para metabolizarla, es decir, no podemos aprovechar la celulosa para la producción de energía celular, aunque muchas bacterias y hongos si pueden hacerlo.

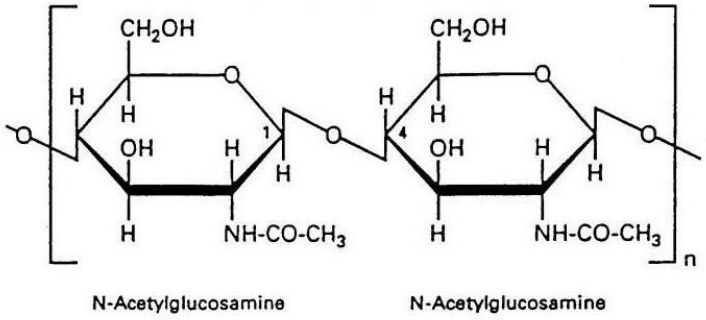
Los animales herbívoros, como vacas y ovejas, pueden obtener glucosa a partir de la celulosa de la hierba que consumen después de un largo proceso digestivo en el que tiene mucha importancia la microbiota que habita su tracto gastrointestinal.



- **Quitina**

La quitina es un polisacárido que está formado por moléculas de un derivado de glucosa llamado acetilglucosamina. Forma estructuras rígidas que componen el exoesqueleto de los artrópodos, un gran número de animales en el que se encuentran los crustáceos, como cangrejos, langostas y camarones; los insectos, como moscas y escarabajos; y arácnidos, como arañas y escorpiones.

La industria ha aprovechado este compuesto para obtener glucosamina, una molécula que se usa para el tratamiento de artritis y artrosis ya que favorece la regeneración de los cartílagos (20).



Funciones de los carbohidratos:

Haciendo un resumen, podemos mencionar que las funciones principales de los carbohidratos con las siguientes:

- **Función energética**
  - Son la principal fuente de energía celular.
  - Son fuentes de reserva energética, como en el caso de almidón y glucógeno
- **Función estructural**
  - Forman parte de estructuras biológicas, como ADN, ARN, membrana celular, pared celular, exoesqueleto de artrópodos, etc.

1.8. Lípidos

Características estructurales:

Los lípidos, también llamados grasas, constituyen un grupo muy variado de biomoléculas que se caracteriza por poseer en su estructura átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno, y en algunos, nitrógeno, azufre y fósforo.

Estructuralmente son cadenas de hidrocarburos que pueden forman ácidos carboxílicos, ésteres, alcoholes, entre otros.

Otro aspecto en común es que son apolares, y, por lo tanto, muy poco solubles en agua, pero solubles en solventes orgánicos como éter, cloroformo, benceno, acetona, y otras grasas. También son untuosas al tacto.

A diferencia de los carbohidratos, no forman polímeros, pero pueden asociarse con una gran variedad de moléculas para formar compuestos más complejos.

Clasificación:

Por su complejidad, los lípidos se clasifican en:

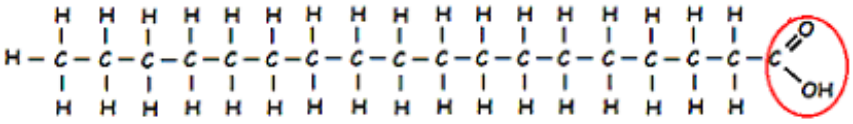
- **Simples:** son lípidos que están unidos a otras moléculas. Entre estos se encuentran:
    - Ácidos grasos
    - Grasas neutras
    - Ceras
- **Complejos:** son lípidos que se encuentran unidos a otros tipos de moléculas. Entre estos se mencionan:
    - Fosfolípidos
    - Glucolípidos
    - Lipoproteínas
- **Asociados:** son compuestos que se encuentran catalogados como lípidos, aunque no presentan las características estructurales propias del grupo. Entre estos se encuentran:
    - Prostaglandinas
    - Terpenos
    - Esteroides (20)

Ácidos grasos:

Los ácidos grasos son lípidos simples que estructuralmente corresponden a ácidos carboxílicos de cadena larga. Tienen un número par de átomos de carbono, que va entre 4 y 22.

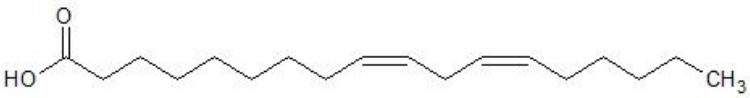
En estas moléculas, pueden presentarse enlaces simples o enlaces dobles entre átomos de carbono, diferencia por la que se clasifican en:

- **Ácidos grasos saturados:** no tienen dobles enlaces entre átomos de carbono. Principalmente se encuentran en grasas y mantecas derivadas de animales. Por ejemplo, ácido esteárico.



ácido esteárico

- **Ácidos grasos insaturados:** tienen al menos un doble enlace entre átomos de carbono. Principalmente son encontrados en aceites derivados de vegetales. Por ejemplo, ácido linoleico.



ácido linoleico

Por regla general, se considera que el consumo de ácidos grasos saturados, como los presentes en las mantecas de animales, está relacionado con un mayor riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, por lo que se recomienda reducir su consumo, y preferir la ingesta de ácidos grasos insaturados, presentes en los aceites vegetales.

Los ácidos grasos son constituyentes de lípidos más complejos. Su función es tanto estructural como energético, ya que se puede producir energía celular metabolizándolos.

Propiedades de los ácidos grasos:

Los ácidos grasos son insolubles en agua. Sin embargo, cuando se encuentran en este solvente, estas moléculas tienen la particularidad de unirse entre sí tomando diferentes formas. Esto se da porque se considera que un ácido graso tiene una "cabeza" polar o hidrofílica, que es el extremo donde se

encuentra el grupo carboxilo (COOH), y una "cola" apolar o hidrofóbica, que es el resto de la cadena de átomos de carbono.

La cabeza, al ser hidrofílica, puede estar en contacto con las moléculas de agua, mientras que la cola, al ser hidrofóbica, "evita" este contacto. Por esta particularidad, el conjunto de moléculas de ácidos grasos se puede disponer en las siguientes formas:

- **Capas o películas:** las moléculas se disponen en forma recta, de modo que las cabezas quedan en contacto con el agua. Comúnmente se dispone en la superficie del líquido.

Figura 42. Película de ácidos grasos. (8)

- **Bicapas:** son conjuntos de ácidos grasos constituidas por dos películas. Se disponen de tal modo que las cabezas quedan hacia el exterior y las colas hacia el interior de la bicapa. Esta es la forma en que diferentes lípidos forman las capas que constituyen las membranas celulares.

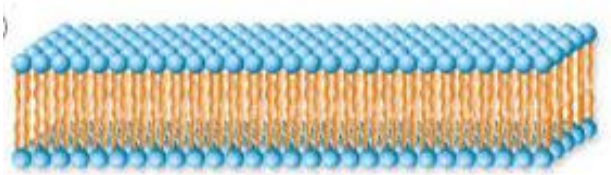


Figura 43. Bicapa lipídica. (13)

- **Micelas o vesículas:** los ácidos grasos se disponen forman esferas, de tal modo que las cabezas quedan en el exterior y las colas en el interior.

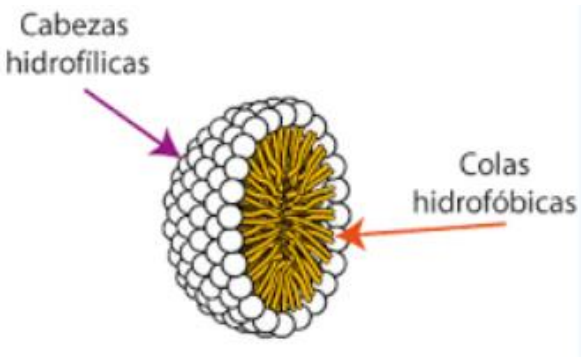


Figura 44. Micelas o vesículas de ácidos grasos. (13)

La forma que tomen estas moléculas depende de las condiciones del medio en que se encuentren y de su cantidad (23).

Ácidos grasos esenciales:

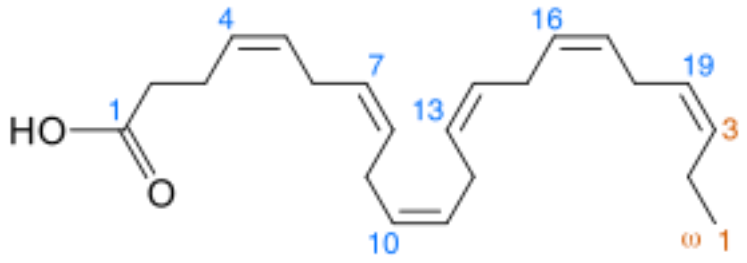
El cuerpo humano es capaz de sintetizar algunos de los ácidos grasos que necesita, sin embargo, existen otros imprescindibles que el cuerpo no los puede sintetizar, así que obligatoriamente se los debe adquirir a través de los alimentos. A estos se los conoce como ácidos grasos esenciales, y participan de muchas funciones y estructuras importantes.

Loa ácidos grasos esenciales más importantes son los conocidos como omega, muy utilizados en suplementos alimenticios para el mantenimiento de la salud y como coadyuvantes en algunas patologías, aunque también se encuentran de forma natural en algunos alimentos. Se clasifican en ácidos grasos omega 3, omega 6 y omega 9.

- **Ácidos grasos omega 3**

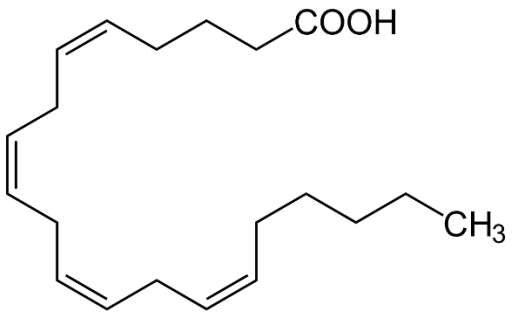
Se denominan de este modo porque el primer doble enlace se encuentra en el átomo de carbono en la posición 3, contando desde el carbono omega (el último átomo de carbono de la cadena, opuesto al átomo que contiene el carboxilo COOH).

Los más reconocidos son: ácido alfa linolénico (ALA), ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA).



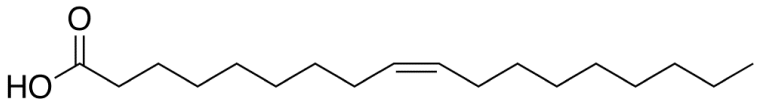
- **Ácidos grasos omega 6**

En estas moléculas, el primer doble enlace se encuentra en el átomo de carbono en la posición 6 contando desde el carbono omega. Los más conocidos son: ácido linoleico (LA), ácido araquidónico (AA), ácido eicosadienoico, etc.



- **Ácidos grasos omega 9**

En estas moléculas, el primer doble enlace se encuentra en el átomo de carbono en la posición 9 contando desde el carbono omega. Los más conocidos son: ácido oleico, ácido nervónico y ácido erúcico.



Ácido oleico

En la siguiente tabla, se resumen las fuentes, funciones e implicaciones para la salud de los principales ácidos grasos omega.

Tabla 8. Ácidos grasos omega. (13)

Ácido graso	Fuente	Función	Implicación
OMEGA 3			
ALA (ácido alfa linolénico)	Linaza, kiwi, chía, canola, soya, nuez	Antiinflamatorio, antioxidante, hipocolesterolémico, hipolipidémico, hipotensor, vasoconstrictor	Reduce el estrés oxidativo, inflamación y agregación plaquetaria
EPA (ácido eicosapentaenoico)	Pescados grasos, aceites de pescados, algunas semillas, leche materna	Antioxidante, antiinflamatorio, hipotensor, aumenta la sensibilidad a la insulina	Reduce el estrés oxidativo y la inflamación
DHA (ácido docosahexaenoico)	Peces de agua fría, se sintetiza desde el EPA	Antiinflamatorio, hipolipidémico	Reduce el deterioro mental en Alzheimer, aumenta la capacidad cognitiva y visual. Previene el cáncer de colon
OMEGA 6			
LA (ácido linoleico)	Maíz, maní, soya, semilla de algodón, otros aceites	Aumenta la oxidación y la expresión de moléculas inflamatorias	Incrementa la inflamación

AA (ácido araquidónico)	Carne, huevos, lácteos	Aumenta la agregación plaquetaria, la vasoconstricción y la síntesis de proinflamatorios	Incrementa oxidación y el estrés oxidativo
OMEGA 9			
OA (ácido oleico)	Aceite de oliva, aceite de macadamia	Hipolipidémico, hipotensor, antiaterogénico	Reduce el LDL, reduce su oxidación y mejora el perfil lipídico
Ácido nervónico	Salmón, semilla de mostaza, linaza	Mejora la síntesis de mielina en células nerviosas	Reduce los factores de riesgo relacionados a la obesidad en enfermedades cardiovasculares

Grasas Neutras:

Las grasas neutras resultan de la asociación de ácidos grasos con otras moléculas, y se encuentran formando parte fundamental de las grasas y aceites presentes en animales y vegetales. Las más comunes son los llamados triacilgliceroles o triglicéridos.

Un triglicérido está constituido por tres ácidos grasos, que pueden ser iguales o diferentes, unidos a una molécula de glicerol (glicerina).

A temperatura ambiente, los triglicéridos pueden ser líquidos o sólidos. Si están formados de ácidos grasos saturados y de cadena larga, tenderán a ser sólidos, formando lo que conocemos como mantecas. Y si están formados por

ácidos grasos insaturados y de cadena corta, tenderán a ser líquidos, y forman los aceites vegetales (20).

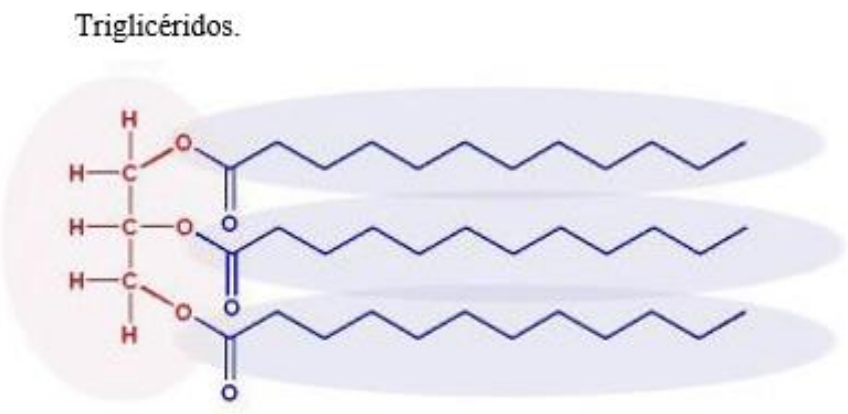
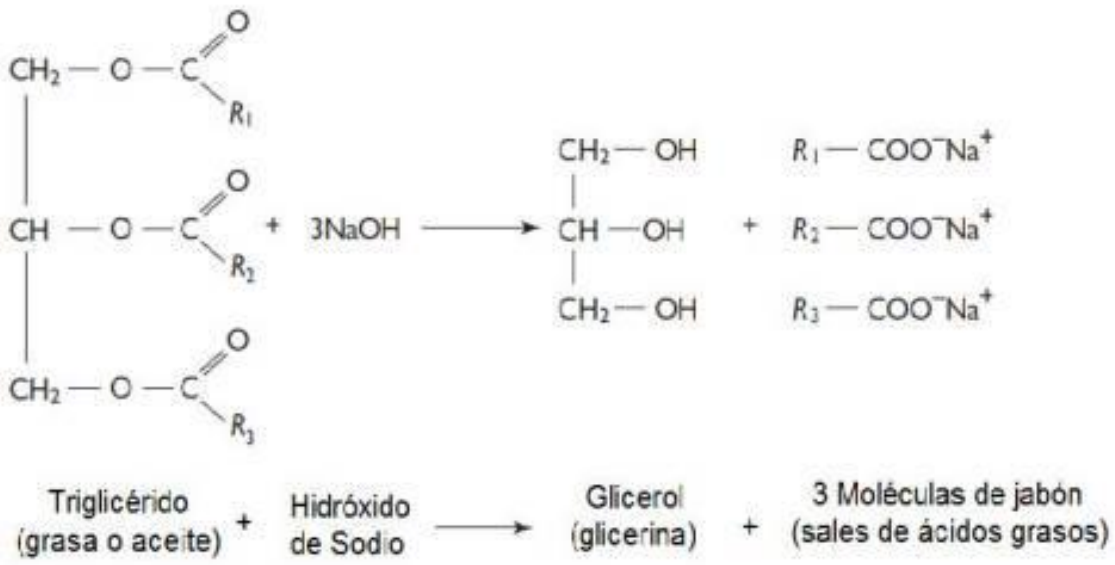


Figura 45. Triglicéridos. (13)

Las grasas neutras son moléculas de reserva energética, produciendo más energía que los carbohidratos. Además, forman parte del tejido adiposo de los animales, donde funciona como un aislante térmico, evitando la pérdida de calor corporal.

Saponificación:

La saponificación es una reacción química a través de la cual, a partir de ciertos lípidos, se produce jabón. Las moléculas que intervienen principalmente son triglicéridos.

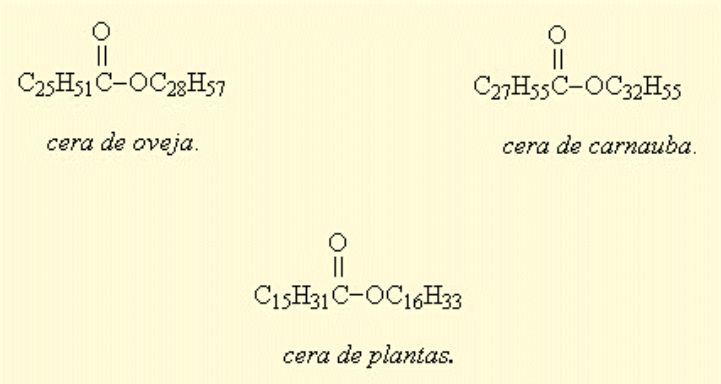


Al mezclar una grasa o aceite con hidróxido de sodio, las moléculas de triglicéridos reaccionan para dar como productos glicerina y jabón, que no son más que sales de ácidos grasos. Este proceso se desarrolla en grandes cantidades en las industrias para formar jabón y derivados.

Ceras:

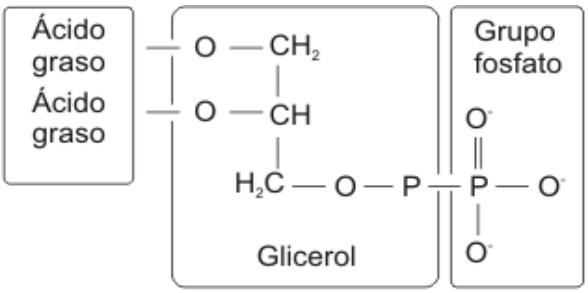
Las ceras son lípidos compuestos por la reacción entre ácidos grasos con un alto número de átomos de carbono, y alcoholes, para dar lugar a un éster.

Son ejemplos de ceras la lanolina, o cera de las ovejas, la cera de abeja, la cera de carnauba y otras presentes en plantas. Su función es principalmente protectora, ya que recubre estructuras animales como piel, pelos, plumas y oídos de los animales, y estructuras vegetales como hojas y frutos, cuya presencia puede reconocerse por su brillo característico. También, las abejas producen su cera para fabricar los panales de sus colmenas (25).

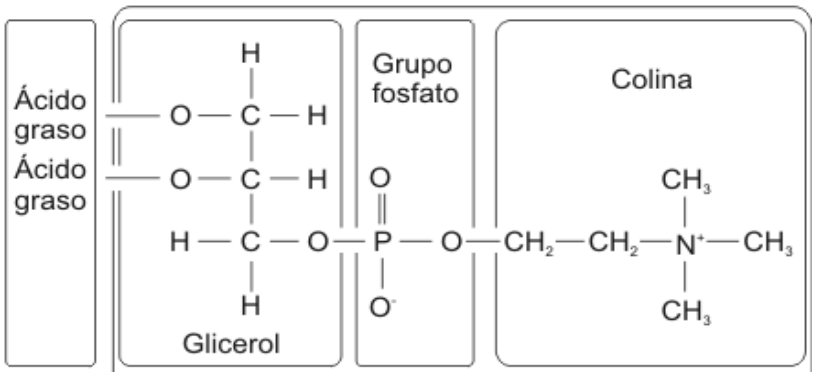


Fosfolípidos:

Los fosfolípidos son lípidos complejos, formados por una molécula de glicerol unida a dos moléculas de ácidos grasos, y a un grupo fosfato, que proviene de ácido fosfórico.



En otros fosfolípidos más complejos, el grupo fosfato está unido a su vez a otra molécula, como es el caso de la lecitina.



Al igual que ocurre con los ácidos grasos simples, los fosfolípidos tienen una "cabeza" polar, que es el grupo fosfato, y dos "colas" apolares, que son los ácidos grasos. Debido a esta propiedad, se disponen en forma de capas, bicapas y micelas.

Por ello es que los fosfolípidos son parte fundamental de la estructura de las membranas plasmáticas de las células, pero también de la vaina de mielina, una membrana que recubre a las neuronas o células nerviosas (20).

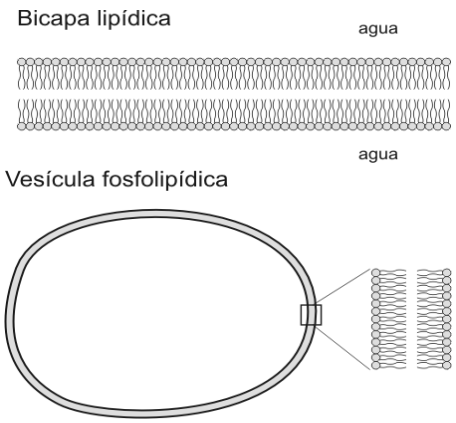


Figura 46. Estructuras de fosfolípidos. (13)

Lipoproteínas:

Las lipoproteínas son lípidos conjugados, formados por la combinación de lípidos con proteínas solubles en el plasma sanguíneo.

Específicamente, están compuestas de: triglicéridos, fosfolípidos, proteínas (apolipoproteínas), y colesterol. Estos componentes se disponen en forma esférica, con los grupos más polares hacia afuera y los menos polares hacia adentro, como puede verse en la figura.

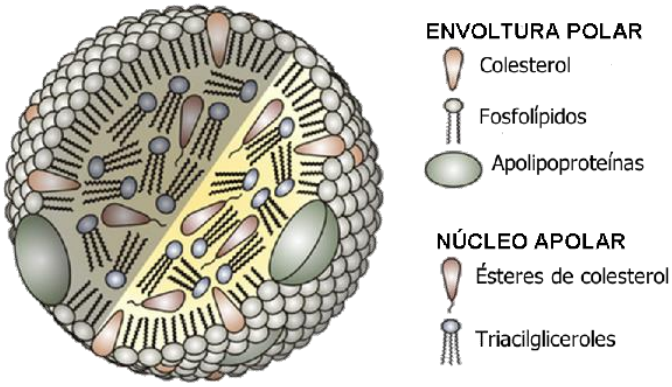


Figura 47. Lipoproteínas. (26)

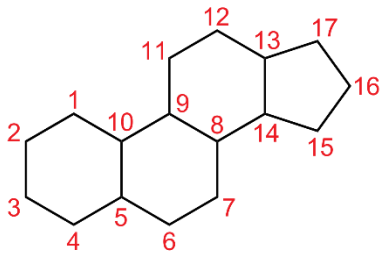
Su principal función es transportar los lípidos a través de la sangre hacia los tejidos y células. En dependencia de la cantidad que exista de cada uno de estos componentes, la densidad cambia. Por esto, se clasifican en:

- ***Quilomicrones:*** poseen un alto porcentaje de triglicéridos (90%), y movilizan este tipo de lípidos desde lo absorbido por el intestino hasta el hígado.
- ***Lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL):*** poseen cerca de un 50% de triglicéridos formados en el hígado, que los distribuyen al resto del organismo.
- ***Lipoproteínas de densidad media (IDL):*** son productos intermedios de la transformación de VLDL en LDL. Respecto al VLDL, tienen un menor porcentaje de triglicéridos, pero un mayor porcentaje de colesterol.
- ***Lipoproteínas de baja densidad (LDL): son*** las lipoproteínas que poseen un mayor porcentaje de colesterol, ya que lo distribuyen desde el hígado hasta los diferentes tejidos. Cuando existe una concentración en sangre mayor que los valores de referencia normales de esta molécula, hay un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares por la formación de placas de colesterol en las arterias, por lo que a menudo se lo conoce como "colesterol malo". Es por ello que en los exámenes clínicos de rutina se solicita este valor.
- ***Lipoproteínas de alta densidad (HDL):*** contienen un alto porcentaje de proteínas solubles, y un menor porcentaje de colesterol y triglicéridos. Su principal función es transportar el exceso de colesterol desde los tejidos hasta el hígado, para reciclarlo o formar ácidos biliares. Su mantenimiento en concentraciones adecuadas está relacionado con la buena salud cardiovascular, ya que impide la oxidación del colesterol y su acumulación en placas, por ello se lo conoce como "colesterol bueno", y también es habitual que se determine en los exámenes clínicos de rutina (26).

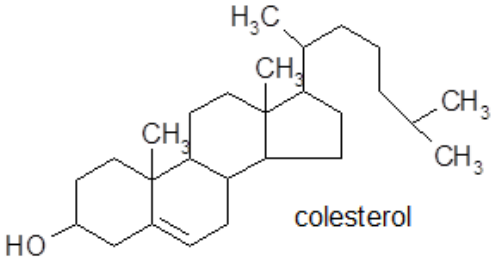
Esteroides:

Son lípidos asociados, moléculas que no comparten las características estructurales de los ácidos grasos, sin embargo, poseen propiedades similares.

Todos comparten un mismo núcleo estructural formado por cuatro ciclos de átomos de carbono, conocido como ciclopentanoperhidrofenantreno.



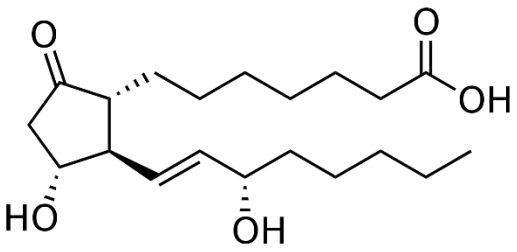
El más importante es el colesterol, molécula que se encuentra presente en las membranas biológicas de todas las células, excepto las de las bacterias.



A parir del colesterol, el organismo forma importantes hormonas esteroideas, tales como las hormonas sexuales progesterona, estrógeno y testosterona, las de la corteza suprarrenal como corticoides, cortisol y aldosterona. También ácidos biliares (25).

Prostaglandinas:

Son lípidos asociados, derivados de ácidos grasos de 20 átomos de carbono. Se sintetizan en el organismo y cumplen con una amplia variedad de funciones, como respuesta inflamatoria, producción de mucus y ácidos gástricos, contracción de músculos lisos, regulación de la temperatura corporal y presión arterial (20).

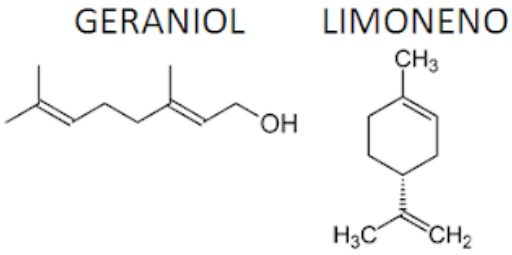


Muchos medicamentos y plantas medicinales que se usan para tratar inflamaciones, actúan inhibiendo la producción de prostaglandinas, de modo que la respuesta inflamatoria se reduce.

TERPENOS:

Son moléculas pequeñas, diferentes de los ácidos grasos, cuya unión forma los principales compuestos de los aceites esenciales de las plantas, y otros compuestos, como vitamina A.

Los terpenos y sus derivados son los responsables de las acciones terapéuticas de los aceites esenciales usados en aromaterapia, con sus diversas formas de aplicación (23).



Funciones de los lípidos:

En resumen, las principales funciones de los lípidos en los seres vivos son:

- **Función energética:**
  - Son fuente de energía celular, ya que su metabolismo genera 9 Kcal/g. Por lo tanto, producen más energía que los carbohidratos, pero de un modo más lento.

  - Son reservas de energía para el organismo, como el caso de las grasas neutras.
- **Función estructural:**
  - Muchos lípidos forman parte de estructuras biológicas, como membranas celulares y membranas cerosas.
- **Función reguladora:**
  - Algunos lípidos son moléculas importantes para la regulación de funciones vitales, tales como hormonas y prostaglandinas.
- **Función protectora:**
  - Las células adiposas, que contienen una gran cantidad de grasa, forman un aislamiento térmico en el cuerpo, que ayuda a mantener la temperatura corporal, y además tiene una función de amortiguación al acumularse en órganos y estructuras que están sometidas a gran presión, como glúteos y plantas de los pies, o que requieren de una mayor protección frente a los impactos físicos, como el cerebro (20).

1.9. Proteínas

Características estructurales:

Las proteínas son las moléculas más abundantes del organismo animal, ya que constituyen alrededor del 50% de su peso seco. Son el tipo de moléculas que más funciones desempeña dentro de los seres vivos.

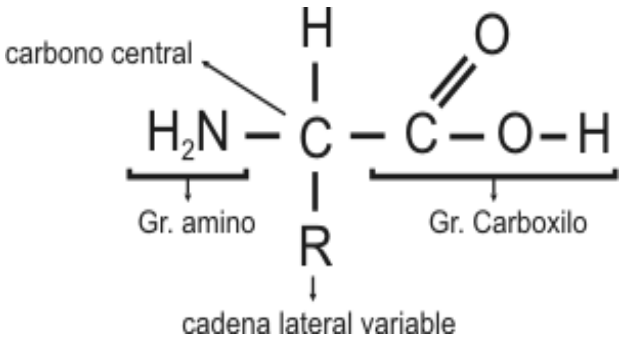
Estructuralmente, están formados por carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, y otros elementos, como azufre y fósforo.

Las proteínas son polímeros, ya que están formadas por la unión de diversos aminoácidos en cadenas muy largas.

Aminoácidos (AA):

Los aminoácidos son moléculas individuales, formadas por un átomo de carbono que está unido a:

- Un átomo de hidrógeno
- Un grupo amina (NH_2)
- Un grupo carboxilo (COOH), y
- Otro elemento o cadena de átomos de carbono, que varía según el aminoácido.



Los aminoácidos en agua presentan un pH neutro, sin embargo, se pueden comportar como ácidos o como bases de acuerdo al medio en el que se encuentren.

A partir de los aminoácidos, se producen importantes moléculas, dentro de las que destacan algunos neurotrasmisores, como GABA, histamina y serotonina. Sin embargo, su función principal es formar proteínas (25).

Las proteínas del ser humano están compuestas por 20 aminoácidos diferentes, que son:

Tabla 6. Aminoácidos. (13)

AMINOÁCIDO	ABREVIATURA	AMINOÁCIDO	ABREVIATURA
Alanina	Ala	Treonina	Thr
Valina	Val	Cisteina	Cys
Leucina	Leu	Tirosina	Tyr
Isoleucina	Ile	Asparagina	Asn
Prolina	Pro	Glutamina	Gln

Metionina	Met	Ácido aspártico	Asp
Fenilalanina	Phe	Ácido glutámico	Glu
Triptófano	Trp	Lisina	Lys
Glicina	Gly	Arginina	Arg
Serina	Ser	Histidina	His

Aminoácidos esenciales:

Se conocen como aminoácidos esenciales a aquellos que el cuerpo humano no los puede sintetizar y, por tanto, deben ser adquiridos obligatoriamente a través de la alimentación. Estos son los siguientes:

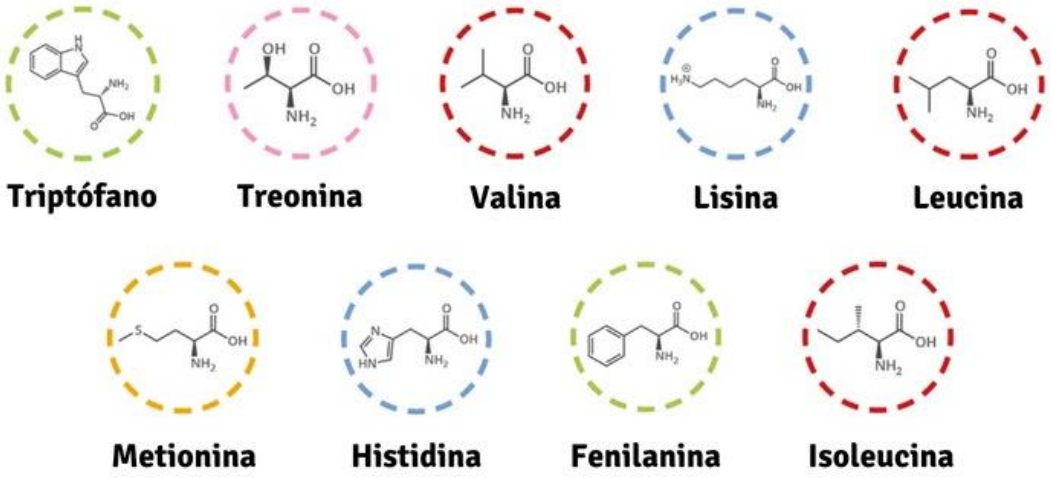
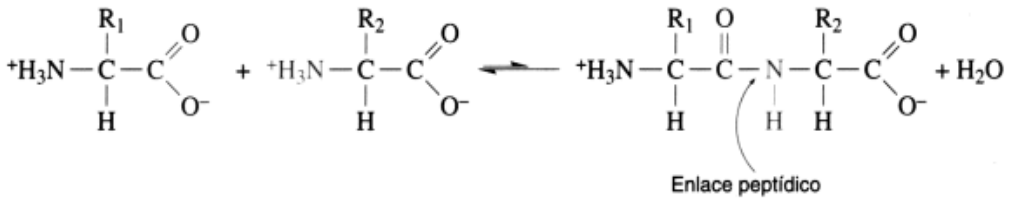


Figura 48. Aminoácidos esenciales. (13)

Es por ello que se debe prestar atención a los alimentos fuentes de proteínas que se consumen, ya que se preferirá a aquellos que contengan buenas cantidades de aminoácidos esenciales para el mantenimiento de la buena salud. De modo general se considera que estos son: leche y derivados lácteos (yogurt, queso, mantequilla), huevos, pescado, carne, cereales, legumbres, verduras y hortalizas, semillas y frutos secos (20).

Péptidos:

Cuando dos o más aminoácidos se unen, se forma un péptido. Esta unión se da entre el grupo amino de un aminoácido con el grupo carboxilo de otro, formando un enlace denominada peptídico.



Así, en dependencia de los aminoácidos que forman una cadena, se puede hablar de dipéptidos (dos aminoácidos), tripéptidos (tres aminoácidos), oligopéptidos (aproximadamente entre 4 y 10 aminoácidos), o polipéptidos (muchos aminoácidos). De acuerdo a esto, las proteínas son polipéptidos.

Cada proteína está formada por la combinación de algunos aminoácidos que se unen en un orden específico, lo cual le da sus funciones particulares, de tal forma que cualquier alteración a este orden da lugar a que sus funciones también se alteren. Este orden depende del código genético de cada individuo y de cada especie, y sus instrucciones se encuentran en el ADN. Así, los aminoácidos son como bloques estructurales que forman las diversas proteínas.

Estructura de las proteínas:

Al ser moléculas muy grandes, se pueden identificar cuatro tipos de estructuras o maneras de considerar las formas de las proteínas.

1) **Estructura primaria:** Es la secuencia ordenada de aminoácidos que forman una proteína, que está determinada según la genética.

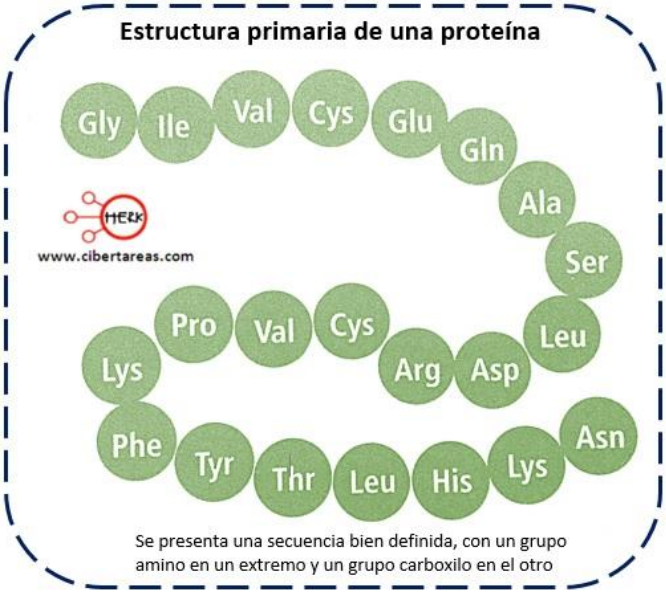


Figura 49. Estructura primaria de una proteína. (13)

2) **Estructura secundaria:** A medida que la cadena de aminoácidos crece, se pliega para formar dos tipos de estructuras: en hélice o espiral, o en forma de "hoja plegada" o zig-zag.

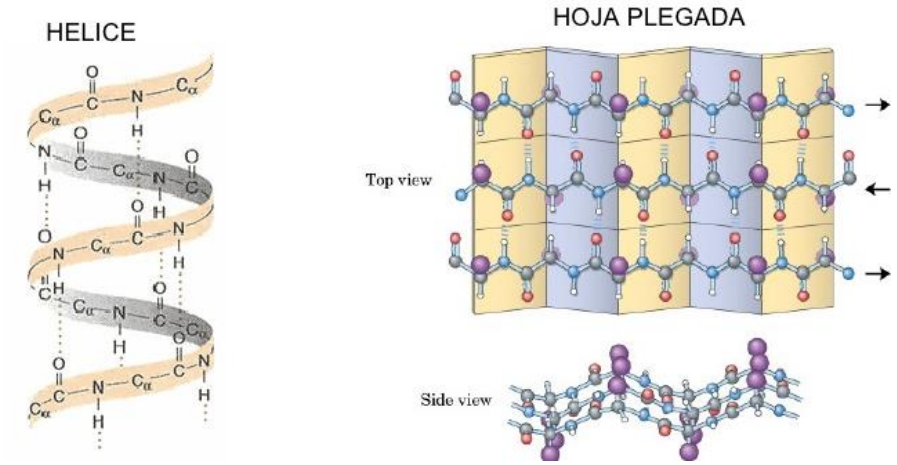


Figura 50. Estructura secundaria de una proteína. (13)

3) **Estructura terciaria:** en las cadenas más grandes, el plegamiento da lugar a formas más específicas, como glóbulos o esferas, fibras, redes, etc.

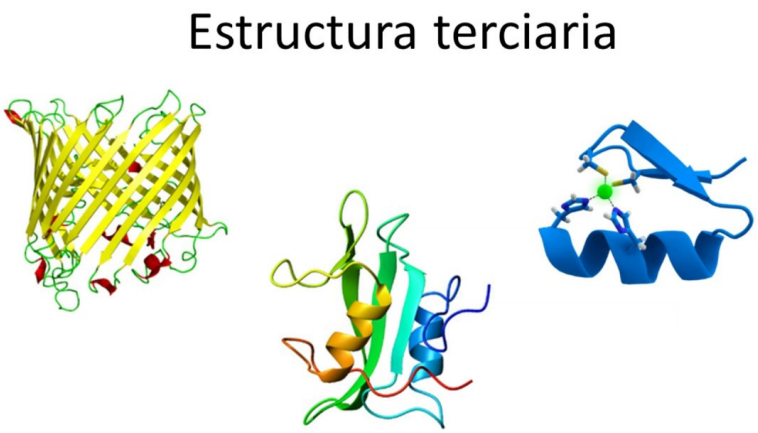


Figura 51. Estructura terciaria de una proteína. (13)

4) **Estructura cuaternaria:** algunas proteínas se forman por la unión de varias proteínas, que en ocasiones tienen estructuras terciarias diferentes (20).

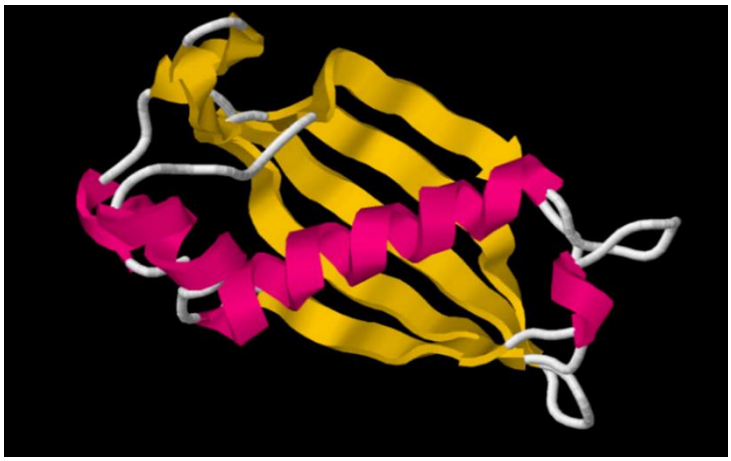


Figura 52. Estructura cuaternaria de una proteína. (13)

Clasificación de las proteínas

De acuerdo a su estructura, las proteínas se clasifican en

1) **Holoproteínas:** Solo están constituidas por aminoácidos.

De acuerdo a su estructura terciaria, se subclasifican en:

- **Proteínas globulares:** Tienen una estructura terciaria globular, y son solubles en agua. Algunos ejemplos son:

  - **Albúminas:** como ovoalbúmina y lactoalbúmina, que tienen una función energética.
  - **Globulinas:** como los anticuerpos presentes en la sangre
  - **Histonas:** son proteínas que se unen al ADN y forman los cromosomas.
- **Proteínas filamentosas:** Tienen una estructura terciaria en fibras. Algunos ejemplos son:
  - **Miosina:** Son proteínas fibrosas y contráctiles que forman a los músculos
  - **Fibrinógeno:** interviene en la coagulación de la sangre
  - **Colágeno:** forma parte de la piel dando firmeza y resistencia.

2) **Heteroproteínas:** Son proteínas que, además de la cadena de aminoácidos, tienen otro elemento. Hay diferentes clases, entre las que se destacan:
   - **Glucoproteínas:** Contienen un grupo glúcido, es decir, un azúcar. Un ejemplo son las mucoproteínas, que forman parte del mucus.
   - **Lipoproteínas:** Contienen lípidos en su estructura, como es el caso del HDL y LDL ya estudiados
   - **Cromoproteínas:** Contienen un elemento metálico, que les da un color, por ejemplo, la hemoglobina, que contiene hierro.
   - **Fosfoproteínas:** Contienen un grupo fosfato, como es el caso de la caseína que se encuentra en la leche.
   - **Nucleoproteínas:** Están unidas a un ácido nucleico, como es el caso de las proteínas que forman los cromosomas (25).

Enzimas

Las enzimas son un tipo especial de proteínas que merecen un estudio individual debido a sus funciones importantes y particulares. Las enzimas sirven como catalizadores de las reacciones bioquímicas que se producen en

las células a cada momento para mantener las funciones vitales, es decir, permiten y aceleran estas reacciones.

Sin la acción de las enzimas, la vida como la conocemos no sería posible, puesto que las reacciones bioquímicas se darían de una manera muy lenta, o no podrían darse.

Las enzimas actúan sobre otras sustancias permitiendo que se transformen. Así, pueden por ejemplo romper enlaces para dividir moléculas, o crear enlaces para formar moléculas nuevas. Aquellas moléculas sobre las cuales actúan las enzimas se conocen como sustrato (25).

Estructura de las enzimas

De acuerdo a su composición, las enzimas pueden presentarse como:

- Enzimas formadas únicamente por aminoácidos, que son el tipo menos frecuente
- Enzimas que poseen una parte formada por aminoácidos, que se nombra como **apoenzima**, y una parte que no está hecha de aminoácidos, que se nombra como **cofactor**.

Los cofactores son moléculas que activan a enzimas para que cumplan con su función, de tal forma que aquellas enzimas que los requieren no pueden funcionar sin estos. Estos cofactores pueden ser elementos metálicos, como hierro, magnesio, cobre, etc., o moléculas orgánicas, en cuyo caso se conocen como **coenzimas**, como es el caso de las vitaminas.

Una apoenzima unida a su cofactor se conoce como **holoenzima**.

Para una mejor comprensión, se presenta el siguiente glosario de resumen.

- **Sustrato:** sustancia o sustancias sobre las cuales actúan las enzimas, es decir, sustancias de partida que sufren modificaciones por la acción de las enzimas.
- **Apoenzima:** parte de una enzima que solo está hecha de aminoácidos, y que requiere de un cofactor para activarse

- **Cofactor:** elemento metálico o molécula orgánica no formada por aminoácidos que se une a una apoenzima para activarla.
- **Coenzima:** molécula orgánica que tiene una función de cofactor, como el caso de las vitaminas.
- **Holoenzima:** unión de una apoenzima con un cofactor (25).

¿Cómo funcionan las enzimas?

Una reacción bioquímica en la que intervienen enzimas se la denomina reacción enzimática. Existen enzimas específicas que actúan solo en determinados sustratos. El proceso, explicado de modo simplificado, es el siguiente:

1. La enzima se une a su sustrato específico, a través de enlaces débiles. A esto se lo conoce como complejo enzima-sustrato.
2. La enzima actúa sobre el sustrato, rompiendo enlaces, generando otros, transfiriendo grupos de átomos, etc., hasta formar un productos o productos.
3. La enzima se separa de los productos, quedando intacta (20).

Nomenclatura de las enzimas

Generalmente, los nombres de las enzimas terminan en el sufijo “asa”, con algunas excepciones, como el caso de la tripsina. La raíz del nombre puede estar constituida por:

- El nombre del sustrato correspondiente, como el caso de sacarasa, lipasa, amilasa, proteasa, etc.
- El nombre de la acción que realiza, como el caso de las deshidrogenasas, oxidasas, reductasas, etc.
- O una combinación de las dos.

Por ejemplo, observando a su nombre podemos deducir que la enzima sacarasa tendrá su acción sobre moléculas de sacarosa, o que la enzima lactasa actuará sobre moléculas de lactosa. Por otra parte, la enzima alcohol deshidrogenasa actúa sobre moléculas de alcohol retirando átomos de

hidrógeno de su estructura, o la enzima glucosa oxidasa actuará oxidando las moléculas de glucosa.

Clasificación de las enzimas

Por la función que realizan, las enzimas se clasifican en:

- **Oxidorreductasas:** actúan oxidando (retirando electrones) o reduciendo (añadiendo electrones) sustratos. Se dividen en oxidasas y deshidrogenasas.
- **Tranferasas:** actúan transfiriendo grupos de átomos desde un sustrato a otro.
- **Hidrolasas:** actúan rompiendo enlaces con intervención de agua.
- **Liasas:** actúan rompiendo enlaces sin que exista intervención de agua.
- **Isomerasas:** transforman a los sustratos en isómeros, es decir, moléculas con la misma composición, pero con algunos de sus átomos en diferentes posiciones.
- **Ligasas o sintetasas:** crean enlaces entre sustratos para formar moléculas nuevas (25).

Funciones de las proteínas

Las proteínas dirigen la totalidad de los procesos celulares, incluso su propia síntesis. Las funciones de mayor importancia de las proteínas en los seres vivos son las siguientes:

- **Función estructural:** forman parte de muchas estructuras de los seres vivos. Por ejemplo, el colágeno es una proteína muy abundante en el cuerpo humano que forma parte del tejido conectivo, encontrándose en la piel, tendones ligamentos, etc. También, la queratina, que es una proteína que forma pelos, uñas, cuernos de animales, y otras estructuras con función protectora.
- **Función reguladora:** regulan los procesos vitales dentro de las células, como es el caso de las ciclinas que controlan el ciclo celular y la expresión de los genes.

- **Función motora:** permiten el movimiento de estructuras, como por ejemplo la actina y la miosina, que permiten la contracción de los músculos, y el movimiento de cilios y flagelos, como en los espermatozoides y algunos protozoos.
- **Función transportadora:** existen proteínas que transportan sustancias en el cuerpo, como el caso de la hemoglobina que transporta el oxígeno y anhídrido carbónico dentro de los glóbulos rojos, y las lipoproteínas que transportan colesterol y triglicéridos.
- **Función de reserva energética:** Algunas proteínas tienen la función de generar energía celular, como el caso de la ovoalbúmina que se encuentra en los huevos, o la gliadina del trigo. Cabe resaltar que, aunque nuestro cuerpo es capaz de obtener energía a partir de las proteínas, no deben ser consideradas como fuentes energéticas primarias, como es el caso de los carbohidratos y los lípidos, ya que sus demás funciones son más importantes.
- **Función de receptores:** las membranas celulares contienen estructuras proteicas cuya función es permitir la unión de diferentes tipos de sustancias para provocar reacciones celulares.
- **Función Enzimática:** las enzimas catalizan todas las reacciones metabólicas.
- **Función de Defensa:** los anticuerpos son proteínas que generan algunas de las células del sistema inmunológico para reconocer y combatir agentes patógenos. Entre estos se mencionan, por ejemplo, a las inmunoglobulinas y gammaglobulinas.
- **Función de mensajeros químicos:** la mayor parte de moléculas que sirven para la comunicación entre órganos, tejidos y células, y la regulación de sus funciones coordinadas, son proteínas u oligopéptidos, como es el caso de muchas hormonas, como la insulina, o neurotrasmisores, como la serotonina (23).

1.10. Ácidos nucleicos

Características estructurales:

Los ácidos nucleicos son las moléculas que contienen la información genética de una célula, y la ejecutan, para el desarrollo de todos los procesos vitales, como crecimiento, obtención de energía, síntesis de componentes, y reproducción. Existen dos tipos de ácidos nucleicos, que son: ácido desoxirribonucleico o ADN, y ácido ribonucleico o ARN.

Estructuralmente, ambas moléculas son polímeros, es decir, están formados por la sucesión de unidades estructurales básicas para formar largas cadenas.

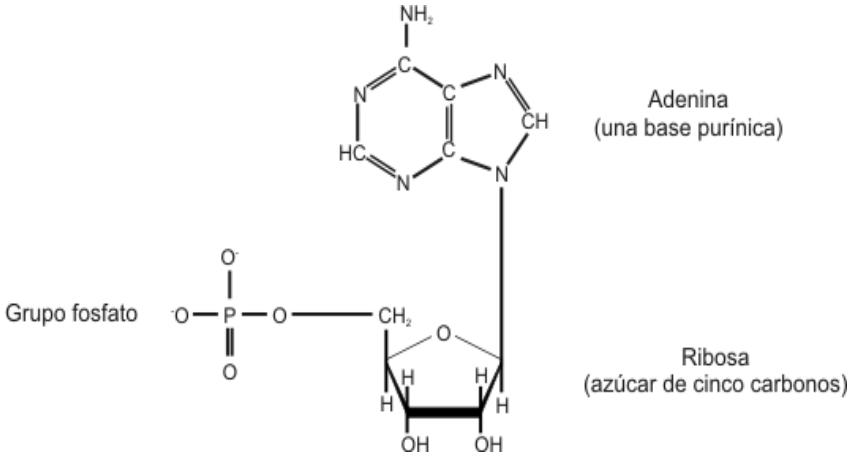
La unidad estructural de los ácidos nucleicos se conoce como nucleótido. Los elementos que componen un nucleótido son:

- Una pentosa o azúcar de 5 átomos de carbono, que es diferente para ADN y ARN;
- Un grupo fosfato; y
- Una base nitrogenada (25)

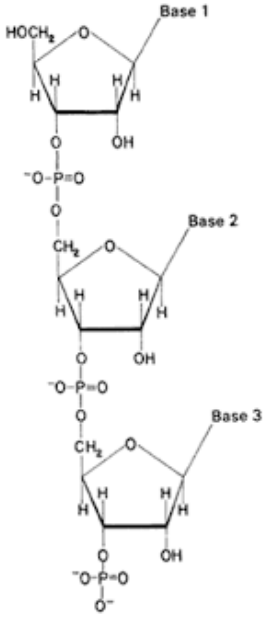
Bases nitrogenadas:

Las bases nitrogenadas son moléculas cíclicas de carbono que contienen nitrógeno. Son de dos tipos:

- **Purinas o bases púricas:** están formadas por 2 ciclos, y dentro de este grupo se encuentran: adenina (A) y guanina (G).
- **Pirimidinas o bases pirimídicas:** están formadas por un ciclo, y dentro de este grupo se encuentran: timina (T), citosina (C) y uracilo (U).



Los nucleótidos se unen unos con otros para formar polinucleótidos, que son los ácidos nucleicos propiamente dichos. Esta unión se da entre el grupo fosfato de un nucleótido con un grupo hidroxilo de la pentosa de otro nucleótido.



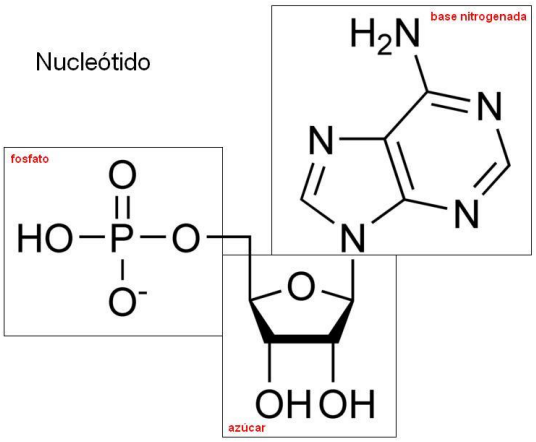
Clasificación:

Los ácidos nucleicos se clasifican en: ADN y ARN

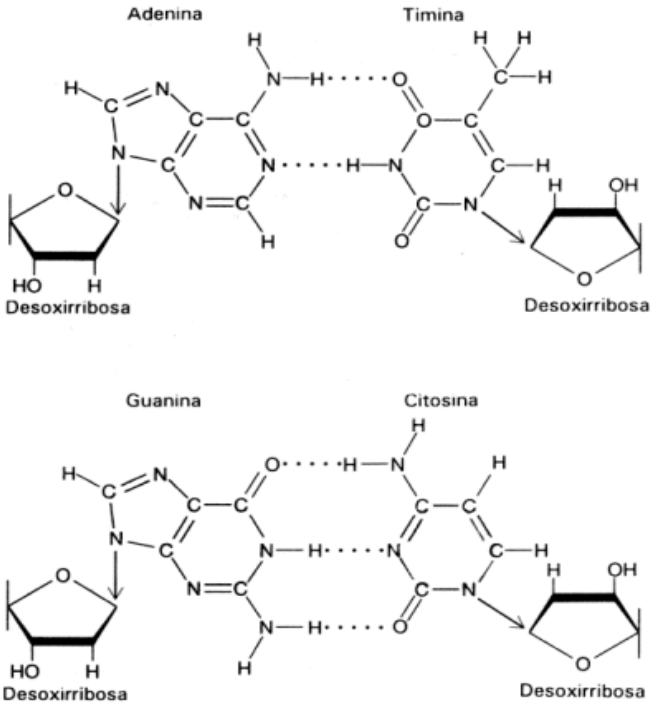
ÁCIDO DESOXIRRIBONUCLEICO (ADN):

Los nucleótidos de ADN están formados por:

- Desoxirribosa, que es su pentosa
- Grupo fosfato
- Las bases nitrogenadas: adenina, timina, citosina y guanina.



La principal característica del ADN es que dos cadenas de estos polinucleótidos se unen entre sí, para formar una estructura de doble hélice o de escalera doble. Esta unión se da entre las bases nitrogenadas. La adenina siempre se unirá a la timina, y la citosina siempre se unirá a la guanina, sin que exista posibilidad de error. Esto puede observarse en el siguiente gráfico (23).



La torsión de las cadenas para formar la conocida doble hélice es debido a la forma particular en que se dan estos enlaces entre nucleótidos.

Funciones del ADN:

El ADN existe en los núcleos de las células eucariotas, y en el citoplasma de las células procariotas. También en organelos como cloroplastos y mitocondrias, e incluso formando para de algunos virus (adenovirus).

Sus principales funciones son:

1) Información genética

El ADN contiene todas las instrucciones para crear una nueva célula funcional, e incluso, para crear todo un nuevo ser. Es por ello que se encarga de la transmisión de la información genética de una célula madre a una célula hija, o de cualquier organismo progenitor hacia su descendencia.

El conjunto de esta información se conoce como genoma, y se define como el conjunto de genes existentes en un individuo o especie.

Los genes son segmentos de ADN que contienen la instrucción para construir una proteína. Estos son los que se heredan de padres a hijos, y pueden activarse para dar características particulares a un organismo. Por ejemplo, si una persona tiene ojos de color verde será porque tiene un gen activo que le otorgó esa propiedad.

A cada gen se lo reconoce por su secuencia de única de bases nitrogenadas. Por ejemplo, el gen para la construcción de una proteína determinada podría tener la secuencia GAACGT……, mientras que el gen para otra proteína podría ter la secuencia TTAACGCG…..

Aunque los genes se trasmiten de padres a hijos, pueden cambiar de configuración por influencias del medio, lo que se conoce como mutación. Esta es la base de la evolución de las especies, ya que la mutación de un gen puede otorgar características que permitan una mejor adaptación de una especie a su entorno, y, por tanto, darle ventaja para su supervivencia. Sin embargo, hay mutaciones que provocan trastornos de la salud.

2) Autorreplicación

Para la transmisión de la información genética, el ADN tiene la capacidad de autorreplicarse, es decir, hacer copias exactas de sí mismo. De este modo, el material genético de una célula puede duplicarse para dar paso a la mitosis y meiosis, que son los procesos de división celular. También, el ADN mitocondrial, es decir, propio de las mitocondrias, se divide para crear más de estos organelos cuando aumentan los requerimientos de energía de la célula. Lo mismo sucede con el ADN de los cloroplastos, que del mismo modo se multiplican en las células vegetales cuando la planta requiere una mayor captación de energía solar para que se dé la fotosíntesis.

Para que se produzca la replicación del ADN, sus cadenas se separan, y la enzima ADN polimerasa se encarga de completar cada cadena de acuerdo al nucleótido correspondiente. Es decir, por cada nucleótido de adenina, añade uno de timina, por cada nucleótido de citosina añade un nucléotido de guanina, y así sucesivamente.

3) Codificación de proteínas

El ADN es como un libro de instrucciones en donde se encuentran las “recetas” para formar todas las proteínas de acuerdo a cada especie. Para que estas instrucciones se ejecuten, el ADN forma moléculas de ARN, que, a su vez, dirigen la síntesis de proteínas en las células.

El proceso a través del cual a partir de un gen se genera ARN se conoce como transcripción (25).

Ácido Ribonucleico (ARN):

Los nucleótidos de ARN están formados por:

- Ribosa, que es su pentosa
- Grupo fosfato
- Las bases nitrogenadas: adenina, uracilo, citosina y guanina.

A diferencia del ADN, las moléculas de ARN forman cadenas simples. Solo en algunas ocasiones se pliegan sobre sí mismos de manera que algunas de sus bases se unen para formar una escalera. Cuando esto sucede, citosina se une a guanina, y adenina se une a uracilo.

Tipos de ARN y funciones

- **ARN mensajero (ARNm):**

El ARN mensajero es una molécula que se crea a partir de un gen, cuya función es "copiar" la información para la síntesis de una proteína desde el ADN, y llevarla hacia los ribosomas, organelos encargados de la fabricación de proteínas. Esta información está codificada en "codones", que son un conjunto de tres bases nitrogenadas que codifican un aminoácido específico. Por lo tanto, la información que contiene el ADN en realidad es qué secuencia de aminoácidos es necesaria para formar una proteína.

Por ejemplo, tres nucléotidos de uracilo juntos (UUU) codifican el aminoácido fenilalanina, mientras que un nucleótido de uracilo junto a un nucleótido de adenina y un nucleótido de uracilo (UAU) codifican al aminoácido tirosina.

El ARN mensajero va a los ribosomas, quienes "leen" la secuencia de nucléotidos y así "saben" la secuencia de aminoácidos que se debe formar para crear una proteína específica.

- **ARN de transferencia (ARNt):**

Este ARN tiene forma de hoja de trébol, y su función es transportar los aminoácidos desde el citoplasma celular hasta los ribosomas, colocándolos

en el sitio adecuado de la proteína que se esté formando siguiendo las instrucciones del ARN mensajero.

- **ARN ribosomal (ARNr):**

Este es un tipo especial de ARN unido a proteínas que forma la propia estructura de los ribosomas (25).

Resumen del proceso de síntesis proteica:

1) A partir de un segmento de ADN (gen), se genera una cadena de ARN mensajero
2) El ARN mensajero va a un ribosoma
3) Los ARN de transferencia llevan aminoácidos hasta el ribosoma y los unen siguiendo las instrucciones del ARN mensajero (25).

1.11. Vitaminas

Las vitaminas son biomoléculas importantes, que no están considerados como metabolitos primarios, ya que no se producen en grandes cantidades ni en todas las especies, sin embargo, son necesarias para la vida. Son micronutrientes sin valor energético, es decir, por sí solas no producen energía, pero intervienen en el proceso para la obtención de energía celular a partir de otras moléculas.

Algunas de las vitaminas pueden ser producidas en el organismo en pequeñas cantidades a partir de otras sustancias, otras incluso se producen en la microbiota intestinal, pero siempre será necesario un aporte adecuado a través de la alimentación.

La función de las vitaminas es unirse a ciertas enzimas para activarlas, es decir, son coenzimas. Por lo tanto, la falta de vitaminas provocará que varios procesos vitales no se produzcan de modo correcto, conduciendo a trastornos de la salud.

Clasificación:

Según su polaridad o solubilidad en agua, las vitaminas se clasifican en:

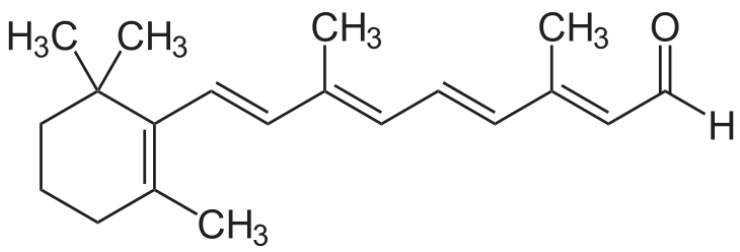
- **Vitaminas liposolubles**
  - Son moléculas apolares, por lo tanto, son poco solubles en agua, pero muy solubles en grasas y aceites
  - Pueden acumularse en el organismo
  - Son: Vitaminas A, D, E y K
- **Vitaminas hidrosolubles**
  - Son moléculas polares, y por lo tanto se disuelven bien en agua, pero poco en grasas
  - No se acumulan en el organismo, se eliminan con facilidad
  - Son: Vitamina C y todo el Complejo B

Vitaminas Liposolubles

- **VITAMINA A**

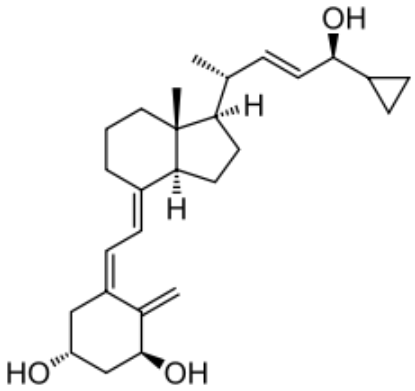
Su nombre químico es retinol o ácido retinoico, y estructuralmente corresponde a un grupo de compuestos llamados carotenoides. Es imprescindible para mantener la buena salud de la piel, membranas, mucosas y paredes de los vasos sanguíneos. Es de especial importancia para el funcionamiento de la córnea y la visión.

Sus principales fuentes son: grasa de la leche, queso, mantequilla y yema de huevo, aceites de hígado de pescado. En los vegetales se encuentra en los de hoja verde oscuro (espinaca, acelga), tomates, zanahoria, pimientos, duraznos, melón y naranjas.



- **VITAMINA D**

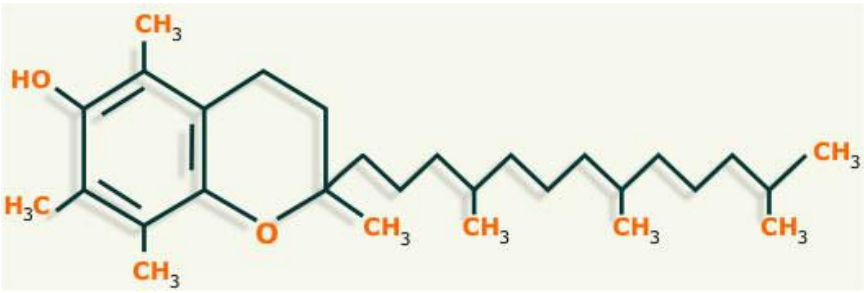
Su nombre químico es calciferol o ergocalciferol. Esta molécula es un derivado esteroide, necesario para la absorción y fijación del calcio y el fósforo en los huesos, así como la salud muscular y nerviosa. En los alimentos, se encuentra como una provitamina, que se convierte en la vitamina activa por acción de la radiación UV de la luz solar en la piel. Sus principales fuentes son: aceites de hígado de pescado y conservas de pescado, huevos, carne, leche, hongos, aguacate.



- **VITAMINA E**

Su nombre químico es tocoferol. Es una vitamina necesaria para estabilizar la piel y las membranas. Tiene una importante acción antioxidante, además que apoya la función de los testículos, la producción de algunas hormonas, la salud de los músculos y el sistema cardiovascular, y el mantenimiento de los glóbulos rojos.

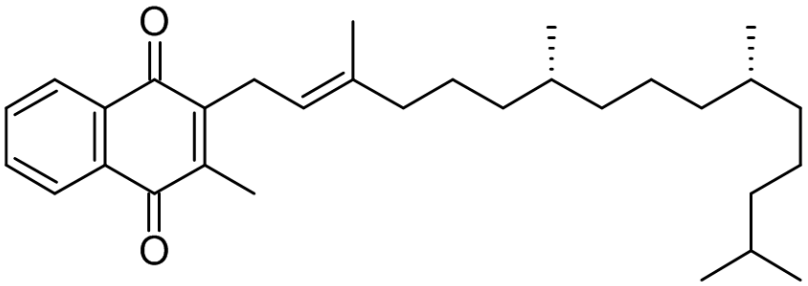
Sus fuentes primarias son germen de trigo, aceites vegetales y almendras, pero también se encuentra en semillas de gramíneas y vegetales de hoja verde, mantequilla, margarina y yema de huevo.



- **VITAMINA K**

Su nombre químico es naftoquinona o menaquinona. Es una vitamina necesaria para la coagulación de la sangre, así como para la salud de huesos y tejidos conectivos.

Sus principales fuentes son los vegetales de hoja verde como espinacas, brócoli, coliflor, col, coles de Bruselas y soya, pero también harina de pescado, hígado de cerdo y tocino. En menores cantidades se encuentra en frutas y la piel de naranja. Se sintetiza también por la microbiota intestinal.

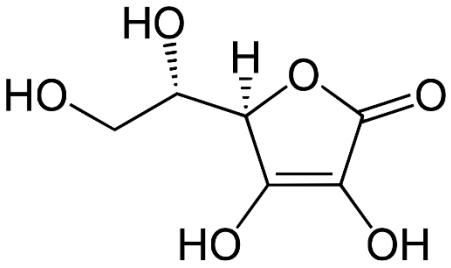


Vitaminas Liposolubles

- **VITAMINA C**

El ácido ascórbico es un derivado de azúcar, que como vitamina tiene múltiples funciones en el organismo, como participar en la formación de colágeno, huesos, músculos y cartílagos. También ayuda a cicatrizar heridas y mantener las encías y mucosas en buen estado. Además, facilita la absorción de hierro, estimula la actividad del sistema inmunológico, protege a las células de la oxidación, y protege a la vitamina E.

Se encuentra de manera abundante en la naturaleza, en casi todos los vegetales, pero sus principales fuentes son limones, naranjas, guayabas, pero también está en pimientos rojos, coles, fresas, tomate, berros, espárragos, hígado, riñones y sesos.



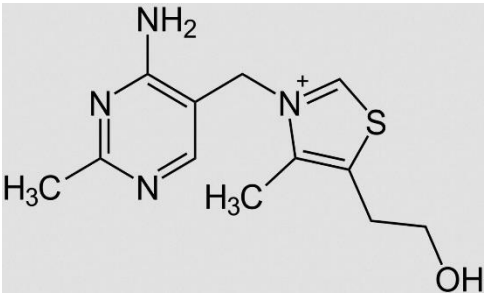
- **COMPLEJO B**

Se conoce como complejo B a un conjunto de 8 vitaminas hidrosolubles. Cuando fue descubierto, se pensó que se trataba de una única molécula, pero posteriores descubrimientos demostraron que estaba formado por varios compuestos independientes. De hecho, algunos de los compuestos que fueron bautizados como tipos de vitamina B, posteriormente fueron retirados de esta lista al determinarse que no eran imprescindibles para la vida. El complejo B está formado por las siguientes vitaminas.

- **Vitamina B1**

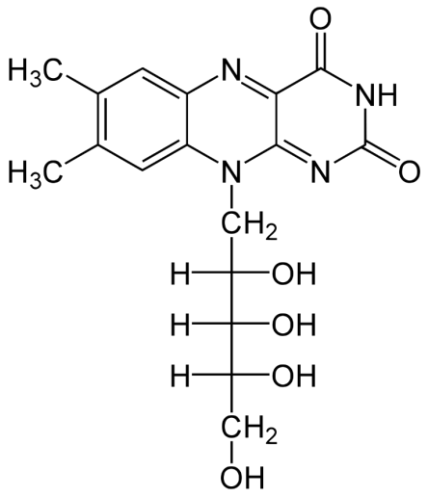
Su nombre químico es tiamina. Es una vitamina necesaria para que se produzca el metabolismo de carbohidratos, y mantener la salud nerviosa.

Se encuentra ampliamente distribuida en alimentos tanto de origen animal como vegetal, pero en pequeñas cantidades. La levadura de cerveza, salvado de arroz y germen de trigo son excelentes fuentes de esta vitamina. También se encuentra en menor cantidad en carnes, granos de cereales, frutos y legumbres secos.



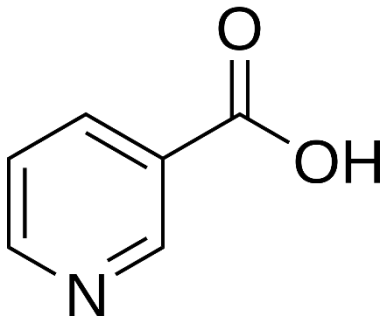
- **Vitamina B2**

Su nombre químico es riboflavina. Es una vitamina necesaria para que se produzca el metabolismo de grasas, carbohidratos y proteínas. Se encuentra principalmente en productos de origen animal, como carne, leche y derivados, huevos y pescados. También la levadura de cerveza es muy buena fuente, así como verduras de hojas verde.



- **Vitamina B3**

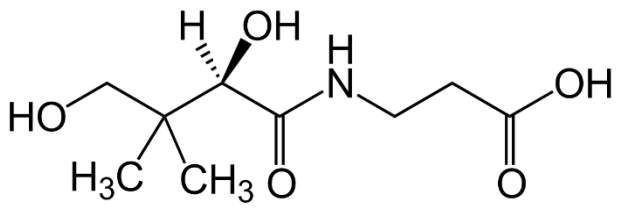
Su nombre químico es niacina o nicotinamida. Es una vitamina que interviene en las reacciones de metabolismo, para el aprovechamiento de energía, crecimiento y función hormonal. Se encuentra en alimentos de origen animal como hígado, carne, pescado, frutos secos, legumbres y huevo, así como vegetales como germen de trigo, pero también en levadura.



- **Vitamina B5**

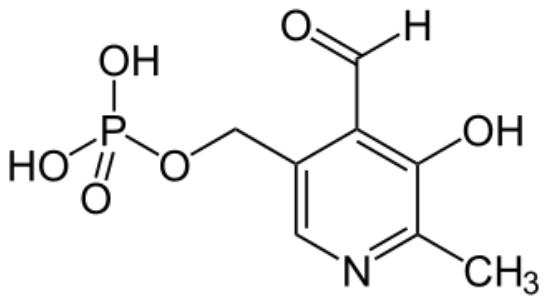
Su nombre químico es ácido pantoténico. Es una vitamina necesaria para las reacciones metabólicas, pero también para la desintoxicación de medicamentos.

Se encuentra en alimentos de origen animal como hígado, riñones, carne, sesos. También en levadura de cerveza, cereales, leguminosas verdes.



- **Vitamina B6**

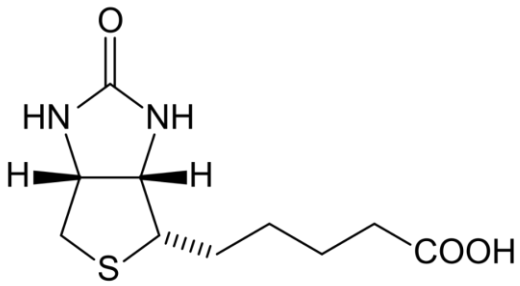
Su nombre químico es piridoxina. Es una vitamina necesaria para la salud cardiovascular, que también interviene en las reacciones de defensa. Se encuentra en levadura de cerveza, germen de trigo, hígado, carne de cerdo, res, oveja, pollo, pavo, conejo, pescados frescos y enlatados, arroz, maíz, frutos secos y legumbres.



- **Vitamina B8**

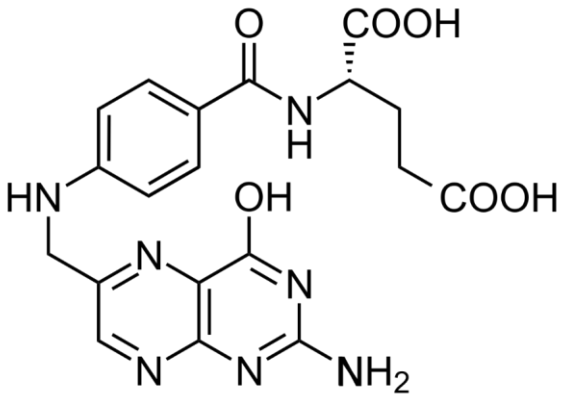
Su nombre químico es biotina. Es una vitamina que se requiere para el desarrollo de reacciones metabólicas, el mantenimiento de la piel y la producción de hormonas. Se presenta en muchos alimentos en pequeñas cantidades, aparece tanto libre (en verduras, leche, salvado de arroz) como

unida a proteínas (vísceras, semillas, levaduras). Las fuentes más importantes son hígado, leche, hongos, soya, almendras y papas.



- **Vitamina B9**

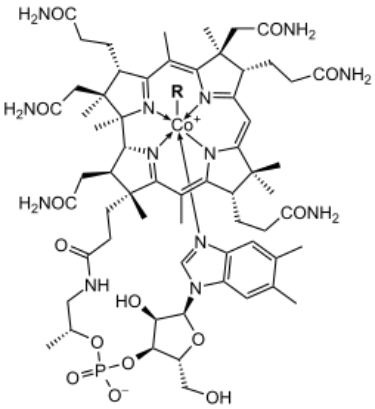
Su nombre químico es ácido fólico o folato. Es esencial para el metabolismo de aminoácidos y la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos. Se encuentra en el hígado, levaduras, vegetales de hoja verde, legumbres, yema de huevo, frutos secos, cereales, quesos, naranja.



- **Vitamina B12**

Su nombre químico es cianocobalamina. Es una vitamina necesaria para la hematopoyesis y el crecimiento, además del metabolismo de carbohidratos y grasas. También interviene en la formación de tejido nervioso y regeneración del ácido fólico. Su presencia en los alimentos es muy escasa. El aporte de esta vitamina es sólo a través de productos de origen animal como hígado,

riñón, sesos, corazón, carnes, pescados, leche y quesos. Sus fuentes vegetales son limitadas, y destacan las algas y los hongos (23).



R = 5'-deoxyadenosyl, CH_3, OH, CN

ACTIVIDADES RECOMENDADAS

- Identifique ejemplos de sustancias de uso común que correspondan a los tipos de moléculas estudiados en química orgánica
- Identifique las principales biomoléculas que son usadas como parámetros clínicos en medicina, para el diagnóstico de enfermedades.

UNIDAD 3
LA CÉLULA

3: LA CÉLULA

Introducción

En los tejidos de todos los organismos, desde las más simples formas de vida hasta los seres humanos, la célula es el ladrillo básico de la construcción de la biología. La célula es el escenario de todas las actividades vitales que nos definen como seres vivos: crecimiento, reproducción, respuesta a estímulos, metabolismo y mucho más. Aunque las primeras observaciones de células se realizaron a través de microscopios simples en el siglo XVII, fue solo en el siglo XIX que los científicos comenzaron a apreciar la verdadera magnitud de la complejidad celular.

Independientemente de si son procariotas, como las bacterias, o eucariotas, como las células humanas, llevan a cabo una serie de funciones esenciales para la vida. El metabolismo celular, que involucra reacciones químicas complejas, permite la obtención de energía y la construcción de componentes esenciales para el crecimiento y la reproducción.

La revolución de la biología molecular y genética en el siglo XX arrojó una nueva luz sobre su comprensión, la estructura del ADN, la molécula de la herencia, se descubrió en 1953, lo que permitió entender cómo se almacena y transmite la información genética. Desde entonces, hemos llegado a comprender la importancia del ADN y cómo se replica y transcribe para guiar la síntesis de proteínas, las obreras moleculares de la célula. Estos avances han tenido un profundo impacto en la medicina, la biotecnología y la comprensión de enfermedades genéticas.

Objetivo

Identificar las principales características distintivas de las células procariotas y eucariotas, a través de la identificación de los componentes celulares y sus

funciones, para la aplicación de este conocimiento a la comprensión de alteraciones patológicas.

3.1. Teoría Celular

El término célula se conoció en 1665 por el científico inglés Robert Hooke al observar bajo los lentes de un microscopio rudimentario las «celdillas» constituyentes del corcho y otros tejidos vegetales (que correspondían, en realidad, a restos celulares y no a células vivas). En 1674, Antony van Leeuwenhoek, un comerciante de telas holandés aficionado a pulir lentes, describió que la sangre estaba compuesta por diminutos glóbulos que fluían a lo largo de delgados capilares y realizó numerosas observaciones de diversos «animalículos» u organismos microscópicos, unicelulares, que hoy conocemos como microorganismos (5)

El siglo XIX constituyó un verdadero punto de partida para el estudio de la célula y su función, que se desarrolló paralelamente a los avances de la microscopía y a la aparición, en la década de los años treinta, del microscopio compuesto.

En 1831, el botánico escocés Robert Brown introdujo la noción de núcleo celular y en 1838, el botánico Matthias Schleiden y el zoólogo Theodor Schwann enunciaron el postulado básico de la teoría celular, según el cual todos los seres vivos, vegetales y animales, están formados por células, a las que consideraron las unidades vitales fundamentales. En 1839 Purkinje denominó «protoplasma» al contenido celular (20).

Estudios posteriores completaron el conocimiento de la célula. Así, en 1855, el patólogo Rudolf Virchow estableció que todas las células proceden de otras preexistentes y, a principios del siglo XX, las investigaciones sobre la estructura del sistema nervioso del histólogo español Santiago Ramón y Cajal, Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1906, demostraron la individualidad de las neuronas y pusieron de manifiesto la universalidad de la teoría celular al aplicarla también al tejido nervioso.

La teoría celular postula que la célula es la unidad fundamental de los seres vivos, desde los más sencillos (microorganismos) hasta los organismos

superiores más complejos (animales y vegetales), tanto en lo que se refiere a su estructura como a su función.

Actualmente, la teoría celular se resume en los siguientes puntos:

- Todos los organismos vivos están compuestos por células.
- La célula es la unidad estructural y fisiológica de los seres vivos.
- Las células constituyen las unidades básicas de la reproducción: cada célula procede de la división de otras células preexistentes, siendo idéntica a esta genética, estructural y funcionalmente.
- La célula es la unidad de vida independiente más elemental (5).

3.2. Organización estructural y funcional de las células

La célula fue descubierta hace unos trescientos años por el botánico inglés Robert Hooke, quién cortó una fina capa de corcho y lo observó al microscopio. En el siglo XIX ya se tenía conocimiento de que los órganos del cuerpo estaban constituidos por tejidos y que las combinaciones de ellos daban origen a los órganos.

Cualquiera que sea su forma y tamaño, las células están constituidas por tres partes fundamentales: membrana celular, citoplasma y núcleo.

Concepto de célula

Como ya se ha mencionado, los seres vivos son unicelulares o multicelulares. Un ser vivo unicelular está formado por una sola célula, mientras que un ser vivo multicelular está constituido por muchas células. Hagamos la siguiente analogía entre una casa y un organismo multicelular; las unidades de construcción de una casa son los ladrillos, en un organismo multicelular, las células. Por lo tanto, las células son la unidad de estructura de todos los seres vivos.

Las células son consideradas también las unidades funcionales de los seres vivos, pues todas las funciones metabólicas del organismo como la respiración, nutrición, excreción, secreción, reproducción, etc., se realizan

en la célula. La célula tiene todos los componentes químicos y físicos necesarios para su propio mantenimiento y crecimiento. Debido a esto, las células han logrado cultivarse (mantenerse vivas y reproducirse) *in vitro*, siempre y cuando dispongan de los nutrientes esenciales y un ambiente adecuado (25).

3.2.1. Célula procariota y célula eucariota

Existen dos tipos de células básicas: procariotas y eucariotas. Esta clasificación se basa en el hecho de que las primeras no poseen organelos rodeados por membranas y las segundas sí. Debido a esto, la diferencia más notoria entre ellas es que la célula eucariota tiene su material genético dentro de un organelo limitado por una membrana, el núcleo, mientras que el material genético de las células procariotas no está englobado por una membrana, sino libre en el citoplasma. En todas las células vivas, el material genético es el ADN.

La célula procariota - procarionte.

Las células procariotas son las formas de vida más antiguas que se conocen; se han encontrado fósiles de ellas en estratos rocosos con una edad de 3 mil 500 millones de años. Estas células sólo las vamos encontrar en los organismos de los reinos Archaebacteria (arqueobacterias) y Eubacteria (eubacterias).

Las células procariotas son usualmente más pequeñas que las eucariotas y, además, son más sencillas en su estructura. Su tamaño promedio es de 1 a 10 micrómetros. Todas contienen un citoplasma con una gran cantidad de ribosomas, una sola cadena de ADN (material genético) y una membrana plasmática circundante. El material genético, por lo regular, está enrollado y adherido en un punto a la membrana plasmática, y concentrado en una región de la célula llamada nucleoide. Como se mencionó anteriormente, no está físicamente separado del resto del citoplasma por una membrana. Además muchas bacterias contienen en su citoplasma pequeños trozos

circulares de ADN llamados plásmidos, los cuales por lo regular contienen de 2 a 30 genes.

También todas las células procariotas presentan, con excepción de los micoplasmas (las bacterias más pequeñas) una pared celular. Las sustancias que forman la pared son secretadas por la misma célula. Hay otras estructuras como la cápsula, esporas, flagelos y pilus o fimbrias, que se presentan sólo en algunas de estas células (20).

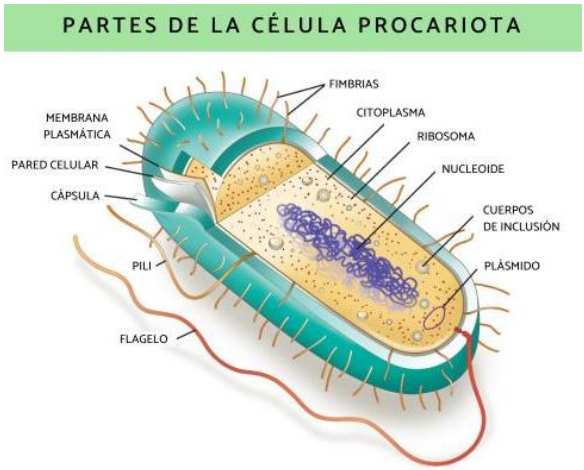


Figura 53. Célula procariota. (24)

Caracterización:

- El material genético (ADN) se localiza en la región llamada nucleoide, el cual no tiene una membrana que lo rodee.
- La célula contiene gran número de ribosomas, que llevan a cabo la síntesis de proteínas.
- Alrededor de la célula hay una membrana plasmática. En algunos procariontes, la membrana se pliega en estructuras llamadas mesosomas, cuya función no se conoce claramente.
- Fuera de la membrana plasmática de la mayoría de los procariontes, tienen una relativamente rígida pared celular, que da a los organismos su forma. La pared celular está formada por peptidoglicanos. A veces tienen una cápsula externa. La pared celular de los procariontes difiere

químicamente de la pared celular de los eucariontes en las células vegetales y en los protistas.

- Algunas bacterias tienen flagelos, los cuales son usado para la locomoción y/o pilosidades, las cuales sirven para mantener en contacto a dos células y facilitar la transferencia de material genético (24).

La célula eucariota – eucarionte.

Las células eucariontes son generalmente de mayor tamaño que las de organización procarionte y se les encuentra en los organismos de los reinos Protista, Fungi (Hongos), Plantae (Vegetales) y Animalia (Animales). Se caracterizan por presentar un complejo sistema de compartimientos intracelulares limitados por membranas, que permiten a estas células realizar una gran variedad de funciones o procesos bioquímicos simultáneamente y sin interferencias.

De este conjunto de compartimientos, el que alcanza mayor relevancia es el núcleo, que almacena la información genética. En una célula eucariota, el material dentro de la membrana plasmática se divide en el núcleo, organelo que contiene el material genético, y el citoplasma. El citoplasma, a su vez, está constituido por el citosol y el resto de los organelos.

El citosol es una solución acuosa de sales, azúcares, aminoácidos, proteínas, ácidos grasos, nucleótidos y otros materiales. Muchas reacciones biológicas ocurren en él gracias a las enzimas (proteínas) que catalizan dichas reacciones. Suspendidos en el citosol se encuentran los organelos, estructuras que trabajan como órganos en miniatura, llevando a cabo funciones específicas en la célula.

En el citoplasma también existe una red de fibras o filamentos proteicos que forman un sistema de sostén intracelular llamado citoesqueleto. Con algunas excepciones, todas las células eucariotas contienen los siguientes organelos: núcleo, retículo endoplásmico, ribosomas, aparato de Golgi, mitocondrias y vesículas.

Las células eucariotas son más grandes que las procariotas. La mayoría de las células eucariotas varían entre 5 y 100 µm de diámetro. Las células de los protistas, hongos, plantas y animales son células eucariotas.

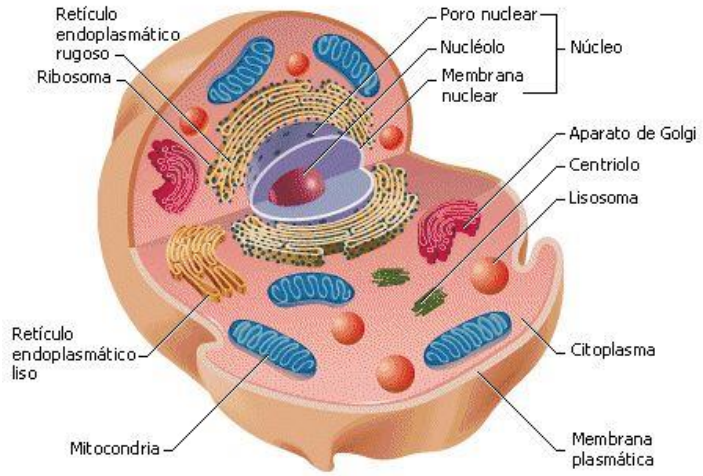


Figura 54. Célula procariota. (24)

3.2.2. Morfología de la célula animal y célula vegetal

La Célula Animal

La célula eucariota animal tiene, entre otras estructuras, una membrana plasmática con una función protectora, un citoplasma donde se llevan a término algunas reacciones celulares y un núcleo que contiene el ADN, el material genético. En cualquier caso, los animales, las plantas, los hongos y los protozoos están formados por células eucariotas (27).

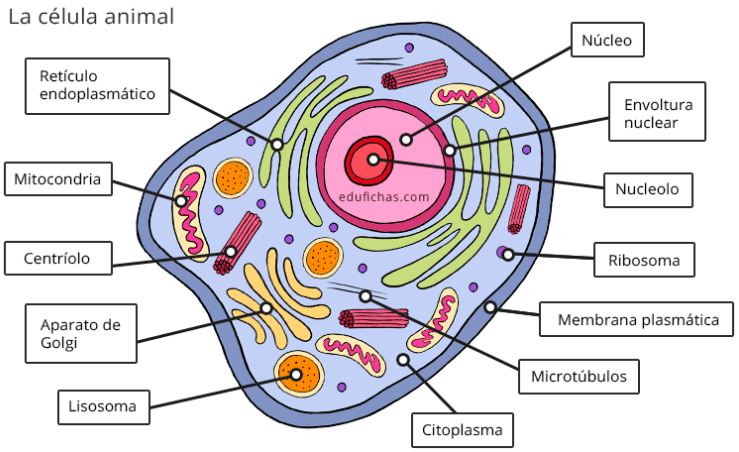


Figura 55. Célula animal. (27)

- **Membrana Plasmática**

La membrana plasmática es la estructura que encierra y limita el contenido celular. Esta actúa como una barrera selectiva, es decir, deja pasar ciertas sustancias mientras impide el paso de otras. Además, es a través de la membrana que las células se comunican entre sí y detectan las condiciones exteriores. Todas las células procariotas y eucariotas tienen membrana plasmática. Está formada por 50% de lípidos y 50% de proteínas. Los principales lípidos son los fosfolípidos, los esfingolípidos y los esteroles (27).

- **Citoplasma**

El citoplasma es el espacio interior de la célula, donde se encuentran los organelos distribuidos en el citosol. Se caracteriza por ser una red gelatinosa continua, anclada a la membrana plasmática y unida al núcleo. Ocupa todo el volumen en las células procariotas, mientras en la célula eucariota puede llegar a la mitad del volumen celular. En el citoplasma se realizan todas las actividades intracelulares que no son específicas de los organelos de membrana. Por ejemplo, las reacciones del glicólisis en la respiración celular tienen lugar en el citoplasma (27).

- **Núcleo Celular**

El núcleo contiene el genoma, el material genético de la célula que se encuentra definido en el ácido desoxirribonucleico (ADN). Está delimitado por la envoltura nuclear, una membrana doble con poros. Por los poros pasan proteínas y ácidos ribonucleicos (ARN). Esta envoltura desaparece durante la mitosis, el proceso de división celular.

El nucléolo es una estructura dentro del núcleo. Es el sitio para el procesamiento de los ácidos ribonucleicos ribosomales (ARNr), que son los componentes de los ribosomas.

El ADN dentro del núcleo se encuentra enrollado y empaquetado formando la cromatina (27).

- **Citoesqueleto**

El citoesqueleto es un sistema dinámico de filamentos que se encuentra dentro de la célula en el citoplasma. Es el responsable de la organización interna de la célula, de las propiedades mecánicas y de la locomoción. Además, participa activamente en la mitosis al separar los cromosomas y luego dividir la célula en dos

Las células animales tienen tres tipos de filamentos:

  - Los filamentos intermedios: proporcionan fuerza mecánica.
  - Los microtúbulos: determinan la posición de los organelos membranosos.
  - Los filamentos de actina: determinan la forma de la superficie celular y son necesarios para la locomoción (27)

- **Organelos**

Los organelos son pequeñas estructuras dentro de la célula eucariota que están formados por membrana. Cada organelo tiene proteínas características para cumplir funciones específicas. Entre los principales organelos tenemos:

  - **Ribosomas:** son las fábricas de proteínas de las células. Se encuentran tanto en las células procariotas como en las eucariotas.

  - **Retículo endoplasmático:** es un laberinto de membranas donde se procesan las proteínas y los lípidos. Se divide en retículo plasmático rugoso, que contiene ribosomas e interviene en la síntesis de proteínas, y retículo endoplasmático liso, que no contiene ribosomas e interviene en la síntesis de lípidos.
  - **Mitocondria:** es la fábrica de producción de energía para las funciones celulares.
  - **Aparato de Golgi:** son compartimientos de membrana que se encarga de encerrar las proteínas en vesículas

- **Lisosomas:** es el organelo digestivo de la célula. En los lisosomas existen proteínas que se encargan de romper el material que ya no sirve en la célula.
- **Peroxisomas:** son vesículas que se encargan de las reacciones de oxidación y reducción. Contienen enzimas como la catalasa y la peroxidasa.
- **Centriolos:** son cilindros formados por túbulos que dirigen el movimiento de cilios y flagelos y participan en el reparto del material genético durante la división celular (27).

La Célula Vegetal

Las células vegetales, siendo eucariotas, tienen las mismas estructuras que las células animales, pero presentando algunas diferencias importantes. Generalmente son de mayor tamaño, y presentan una pared celular, cloroplastos, vacuolas.

- **Pared vegetal:** Es una envoltura externa a la membrana plasmática. Está formada, principalmente por celulosa y da consistencia y rigidez a las células.
- **Vacuolas:** Son vesículas de almacenamiento, que en ocasiones ocupan casi todo el citoplasma. Algunas células animales también tienen vacuolas (27).
- **Cloroplastos:** son orgánulos complejos que contienen a la clorofila, y por tanto se encargan de la fotosíntesis, es decir, de la combinación de agua y dióxido de carbono en presencia de la luz solar para formar moléculas de azúcar. Son abundantes especialmente en vegetales de hojas verdes, y poseen ADN propio, por cuanto pueden reproducirse de acuerdo al ambiente (27).

Tabla 7. Diferencias entre células procariotas y eucariotas animales y vegetales. (27)

ESTRUCTURA	CÉLULA PROCARIOTA	CÉLULA EUCARIOTA ANIMAL	CÉLULAS EUCARIOTA VEGETAL
Membrana plasmática	SI	SI	SI
Pared celular	SI	NO	SI
Núcleo	NO	SI	SI
Cromosomas	Hebra circular de ADN	MUCHOS	MUCHOS
Ribosomas	SI	SI	SI
Retículo endoplasmático	NO	SI	SI
Aparato de Golgi	NO	SI	SI
Lisosomas	NO	SI	SI
Vacuolas	NO	EN OCASIONES	SI
Mitocondrias	NO	SI	SI
Cloroplastos	NO	NO	SI
Citoesqueleto	NO	SI	SI

Tabla 8. Resumen de estructuras celulares. (27)

ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
Citoplasma	Contiene el material celular entre la membrana y el núcleo	Difusión de sustancias dentro de la célula y hacia su exterior
Núcleo	Formada por una doble membrana con poros, que contiene el material genético	Contiene el ADN que controla todos los procesos celulares, y la división celular
Retículo endoplasmático	Red de membranas que se extienden por el citoplasma. Puede ser rugoso o liso	Interviene en la síntesis y transporte de proteínas y lípidos
Ribosomas	Formados por ARN y proteínas, se encuentran libres o unidos al retículo endoplasmático	Síntesis de proteínas
Complejo de Golgi	Conjunto de cisternas y vesículas	Secreción celular, formación de lisosomas y vacuolas
Mitocondrias	Órganos complejos, con doble membrana, que contienen ADN propio	Responsables de la respiración celular, producción de energía
Lisosomas	Vesículas que contienen enzimas digestivas	Degradación de sustancias
Centrosomas (centriolos)	Estructuras tubulares	Da forma al citoesqueleto, interviene en el movimiento y división celular

3.2.3. Nutrición celular autótrofa y heterótrofa

Diferencia entre alimentación y nutrición:

- **Alimentación:** proceso mediante el cual tomamos del mundo exterior una serie de sustancias que, contenidas en los alimentos, son necesarias para la nutrición.
- **Nutrición:** conjunto de procesos mediante los cuales el organismo transforma e incorpora las sustancias que han de cubrir las necesidades energéticas y estructurales del mismo.

La nutrición celular es el conjunto de procesos mediante los cuales las células obtienen la materia y la energía necesarias para realizar sus funciones vitales. La serie de procesos químicos que se producen en el interior de las células reciben el nombre de metabolismo.

Son reacciones catabólicas, si grandes moléculas se degradan produciendo energía (27).

Son reacciones anabólicas en la que sustancias simples se transforman en complejas con gasto de energía.

Procesos nutritivos.

Los procesos nutritivos tienen tres objetivos fundamentales:

- Aporte de energía.
- Aporte de materiales de construcción de síntesis y renovación de las propias estructuras orgánicas.
- Aporte de reguladores, o sustancias necesarias para la regulación de los procesos químicos.

La nutrición celular comprende 3 tipos de procesos:

- Incorporación de las sustancias del medio extracelular.
- Metabolismo o utilización química de los nutrientes.
- Excreción o expulsión al medio externo de los productos de desecho (27).

Autótrofa

Se presenta en aquellas células capaces de elaborar su propia materia orgánica, a partir de sustancias inorgánicas sencillas que se toman del exterior, como el agua, las sales minerales y el dióxido de carbono. Para llevar a cabo dicha transformación se precisa de una fuente de energía, que proviene generalmente de la luz solar. Poseen células autótrofas las plantas, las algas y diversas bacterias (23).

- La célula toma agua, dióxido de carbono y sales minerales del exterior y elabora materia orgánica utilizando energía luminosa. En el proceso se desprende oxígeno, que es expulsado fuera de la célula.
- Parte de la materia orgánica obtenida es utilizada en las mitocondrias, donde se produce el catabolismo. Utilizando oxígeno, se obtiene energía y sustancias inorgánicas.
- Como resultado del catabolismo se produce dióxido de carbono, que es expulsado.
- Con la energía y las moléculas sencillas se sintetizan grandes moléculas orgánicas (anabolismo).

Dentro de la nutrición autótrofa podemos distinguir dos tipos, según la fuente de energía utilizada:

- **Fotosíntesis.** La energía procede de la luz solar. Organismos fotosintetizadores: las plantas y algunas bacterias (bacterias verdes y púrpureas).
- **Quimiosíntesis.** La energía se obtiene de reacciones oxidativas exotérmicas. Organismos quimio sintéticos. Algunas bacterias (nitrificantes, sulfobacterias, ferrobacterias) (27).

Heterótrofa

Nutrición que presentan aquellos organismos que incorporan materia orgánica ya elaborada por otros organismos.

- Los nutrientes orgánicos, elaborados por otros organismos, son tomados del medio e incorporados en la célula.
- Una parte de esa materia orgánica es utilizada en las mitocondrias, donde se produce el catabolismo. Utilizando oxígeno, se obtiene energía y sustancias inorgánicas (agua y dióxido de carbono).
- Como resultado del catabolismo se produce dióxido de carbono, que es perjudicial y se expulsa fuera de la célula.
- Con la energía procedente del catabolismo y las sustancias orgánicas sencillas se sintetizan grandes sustancias orgánicas (anabolismo).

Dentro de la nutrición heterótrofa podemos distinguir los siguientes: (23)

- Saprofitismo. Se alimentan de materia orgánica en descomposición.
- Parasitismo. Obtienen su alimento a expensas de otro organismo.
- Simbiosis. Obtención de beneficios mutuos de tipo nutritivo.
- Biofagia. Se alimentan de seres vivos.
- Necrofagia. Se alimentan de cadáveres o excrementos.(27)

3.2.4. Ciclo y división celular: mitosis y meiosis

El ciclo celular es la base para la reproducción de los organismos. Su función no es solamente originar nuevas células sino asegurar que el proceso se realice en forma debida y con la regulación adecuada. Un ciclo celular típico se da en dos grandes fases que son: la interfase que se divide en tres fases: G1, S y G2, y la mitosis que se divide en profase, metafase, anafase, telofase y citocinesis.

En la Interfase, en G1 se produce la acumulación del ATP necesario para el proceso de división y el incremento de tamaño celular; la fase S se caracteriza por la replicación del ADN nuclear; finalmente, en G2, que es el tiempo que transcurre entre la fase S y el inicio de la mitosis, la célula se prepara para la misma.

Por último, el ciclo celular culmina con la mitosis, donde se divide la cromatina duplicada de modo tal que cada célula hija obtenga una copia del

material genético o sea un cromosoma de cada tipo. El final de la mitosis da cabida a un nuevo ciclo en G1 o puede que la célula entre en fase Go que corresponde a un estado de reposo especial característico de algunas células, en el cual puede permanecer por días, meses y a veces años.

El ciclo de división celular es el mecanismo a través del cual todos los seres vivos se propagan. En los organismos unicelulares la división celular implica una verdadera reproducción, ya que por este proceso se producen dos células hijas que maduran y se convierten en dos individuos distintos. En los organismos multicelulares se requieren muchas más secuencias de divisiones celulares para crear un nuevo individuo; la división celular también es necesaria en el cuerpo para reemplazar las células perdidas por desgaste, mal funcionamiento o por muerte celular programada.

Es importante señalar que, en las células somáticas, las células producidas son genética, estructural y funcionalmente idénticas tanto a la célula materna como entre sí, a menos que hayan sufrido mutaciones. Las células nuevas heredan un duplicado exacto de la información "hereditaria" (genética) de la célula "materna" (madre). Para que esto se lleve a cabo es necesario que la célula coordine un conjunto complejo de procesos citoplasmáticos y nucleares (27).

Mitosis

La mitosis se define como un proceso de división celular asociada a la división de las células somáticas. Las células somáticas de un organismo eucariótico son todas aquellas que no van a convertirse en células sexuales y, por tanto, la mitosis da lugar a dos células exactamente iguales.

Fases de la mitosis: Interfase

La interfase es el tiempo que pasa entre dos mitosis o división del núcleo celular. Durante esta fase, sucede la duplicación del número de cromosomas (es decir, del ADN). Así, cada hebra de ADN forma una copia idéntica a la inicial. La finalidad de esta duplicación es entregar a cada célula nueva

formada la misma cantidad de material genético que posee la célula original. Además, también se duplican otros orgánulos celulares como, por ejemplo, los centriolos que participan directamente en la mitosis.

Terminada la interfase, empieza la división celular, así como la conocemos, formada por las cuatro fases: Profase, Metafase, Anafase, Telofase.

- **Profase:** Durante la profase las hebras de ADN se condensan y van adquiriendo una forma determinada llamada cromosoma. Desaparecen la membrana nuclear y el nucleolo. Los centríolos se ubican en puntos opuestos en la célula y comienzan a formar unos finos filamentos que en conjunto se llaman huso mitótico
- **Metafase:** En la metafase las fibras del huso mitótico se unen a cada centrómero de los cromosomas. Estos se ordenan en el plano ecuatorial de la célula, cada uno unido a su duplicado
- **Anafase:** En la anafase los pares de cromosomas se separan en los centrómeros y se mueven a lados opuestos de la célula. El movimiento es el resultado de una combinación del movimiento del centrómero a lo largo de los microtúbulos del huso y la interacción física de los microtúbulos polares
- **Telofase:** Finalmente, en la telofase las cromátidas llegan a los polos opuestos de la célula y se forman así las nuevas membranas alrededor de los núcleos hijos. Los cromosomas se dispersan y ya no son visibles al microscopio óptico
- **Citocinesis:** En esta fase se forman dos células hijas, pero con el mismo número de cromosomas de la célula madre.

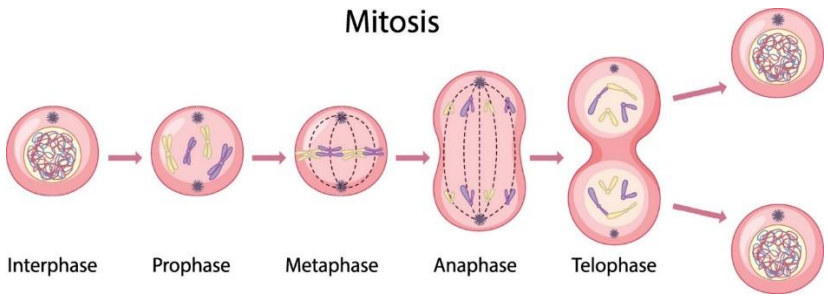


Figura 56. Mitosis. (27)

Meiosis

La meiosis es el proceso de división celular mediante el cual se obtienen cuatro células hijas con la mitad de cromosomas. La meiosis se produce en dos etapas principales: meiosis I y meiosis II.

La importancia evolutiva de la meiosis es fundamental ya que mediante este proceso se produce la recombinación genética, responsable de la variabilidad genética y en última instancia, de la capacidad de evolucionar de las especies.

Primera división meiótica

- **Profase I.** Ocurre la formación de los cromosomas con el material genético ya duplicado.
- **Metafase I.** La envoltura nuclear y los nucléolos han desaparecido y los pares de cromosomas se disponen en la placa ecuatorial.
- **Anafase I.** Los dos cromosomas homólogos se separan, quedando cada cromosoma con sus dos cromátidas en cada polo.
- **Telofase I.** Según las especies, bien se desespiralizan los cromosomas y se forma la envoltura nuclear, o bien se inicia directamente la segunda división meiótica.

Segunda división meiótica

Está precedida de una breve interfase, denominada intercinesis, en la que nunca hay duplicación del ADN. Es parecida a una división mitótica, constituida por la profase II, la metafase II, la anafase II y la telofase II. Cada célula producida en la primera división meiótica se divide a su vez en dos, obteniéndose 4 células que tienen la mitad de los cromosomas que una célula somática (27).

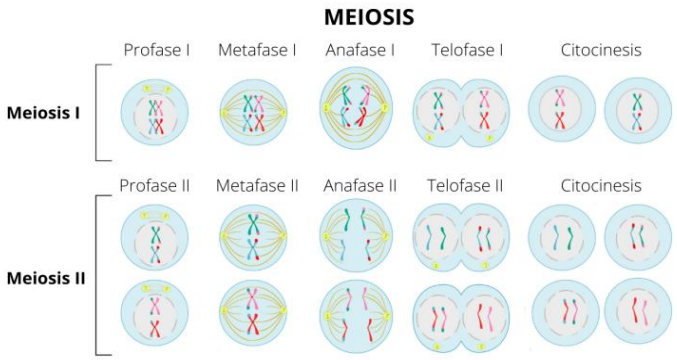


Figura 57. Meiosis. (27)

ACTIVIDADES RECOMENDADAS

- Realice una maqueta para explicar la estructura de la célula animal y vegetal, resaltando sus diferencias

UNIDAD 4
METABOLISMO

4: METABOLISMO

Introducción

A nivel celular, los procesos metabólicos gobiernan la producción de energía, el crecimiento y la reparación, la eliminación de desechos y mucho más.

El metabolismo es el conjunto de reacciones químicas que ocurren en un organismo para mantener la vida. Es como una fábrica microscópica que transforma las materias primas, como los nutrientes, en productos finales esenciales, como la energía y las moléculas estructurales. Para entenderlo, primero debemos apreciar la profundidad de su influencia en la biología y la fisiología. Cada célula, tejido y órgano depende de las vías metabólicas para obtener la energía necesaria para funcionar, para reparar y construir estructuras, y para mantener el equilibrio homeostático.

A lo largo de la historia de la investigación científica, ha sido objeto de intenso escrutinio. La observación de procesos como la fermentación del azúcar en la producción de alcohol o ácido láctico por microorganismos fue un primer vistazo a los procesos metabólicos. Más tarde, en el siglo XIX, los experimentos de Louis Pasteur y Eduard Buchner demostraron que las reacciones bioquímicas estaban mediadas por moléculas específicas, enzimas, lo que marcó un hito importante en su comprensión.

La era moderna de la bioquímica trajo consigo una comprensión cada vez más profunda. Los científicos comenzaron a identificar las rutas metabólicas clave, como la glucólisis y la síntesis de proteínas, y a desentrañar la estructura y función de las moléculas involucradas. La revolución de la genética y la biología molecular en el siglo XX permitió a los investigadores explorar cómo los genes regulan el metabolismo y cómo los errores en estas rutas pueden dar lugar a

enfermedades metabólicas hereditarias.

Los avances en la comprensión de estas regulaciones han llevado a tratamientos y terapias novedosas en campos como la diabetes, la obesidad y las enfermedades metabólicas.

Objetivo

Relacionar las alteraciones metabólicas con los trastornos de la salud, comprendiendo las fases del metabolismo energético, con criterio de adaptación a las características individuales de cada persona.

4.1. El agua y sus funciones biológicas

La vida ha estado estrechamente vinculada al agua desde su mismo origen. El agua ocupa la mayor parte de la superficie terrestre, y en los seres vivos se encuentra entre un 60 a más de un 90 %, por lo que su presencia es literalmente vital.

Por otro lado, el agua está distribuida en el cuerpo y los órganos de distinta forma en dependencia de la composición de los distintos órganos, varía desde un 83% en la sangre hasta sólo un 10% en los tejidos adiposos.

Estructura química del agua:

La molécula de agua está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. En el agua existen también los productos resultantes de la disociación de algunas de sus moléculas: el ion H_3O^+ y el OH^-.

En la molécula de H_2O los enlaces covalentes entre el oxígeno y los dos átomos de hidrógeno forman un ángulo de 104,5º. Además, el átomo de oxígeno atrae hacia sí los electrones del enlace covalente.

Esto hace que la molécula presente un exceso de carga negativa en las proximidades del átomo de oxígeno y un exceso de carga positiva en los átomos de hidrógeno. Debido a ello el agua se comporta como un dipolo eléctrico. Entre esos dipolos se establecen fuerzas de atracción denominadas puentes o enlaces de hidrógeno entre el átomo de oxígeno de una molécula y los átomos de hidrógeno de las moléculas vecinas, originando una red de moléculas de agua.

Importancia del agua

La importancia del agua para las células vivas refleja sus propiedades físicas y químicas, propiedades que radican en su estructura molecular.

1) **Elevado calor específico:** Al calentar el agua, parte de la energía se utiliza para romper puentes de hidrógeno y no tanto para aumentar su temperatura, lo que supone que incrementos o descensos importantes

en la temperatura externa, únicamente producen pequeñas variaciones en el medio acuoso. Hace falta 1 Kcal. para elevar 1 ºC la temperatura de 1 litro. Esta propiedad hace posible que tenga función termorreguladora.

2) **Elevado punto de ebullición:** Dado que los puentes de hidrógeno deben romperse para pasar al estado gaseoso, su punto de ebullición es mucho más elevado que el de otros compuestos líquidos. Esta propiedad implica que es un líquido en la mayor parte de la superficie terrestre en la mayoría de las estaciones.
3) **Alta constante dieléctrica:** Su naturaleza dipolar hace que sea un buen disolvente frente a gran cantidad de sustancias, como las sales minerales y compuestos orgánicos neutros con grupos funcionales hidrófilos.
4) **Alta tensión superficial:** Es debida a la gran cohesión entre las moléculas.
5) **Elevada cohesión molecular:** El hecho de ser un fluido dentro de un amplio margen de temperaturas permite al agua dar volumen a las células, turgencia a las plantas e incluso actuar como esqueleto hidrostático en algunos animales invertebrados. También explica las deformaciones que sufren determinadas estructuras celulares, como el citoplasma y la función mecánica amortiguadora que ejerce en las articulaciones de los animales vertebrados, constituyendo el líquido sinovial que evita el contacto entre los huesos.
6) **Elevada capacidad de disolvente:** Las moléculas de agua, debido a su carácter polar, tienden a disminuir las atracciones entre los iones de las sales y los compuestos iónicos, facilitando su disociación en forma de aniones y cationes y rodeándolos por dipolos de agua que impiden su unión. Esta tendencia del agua a oponerse a las atracciones electrostáticas viene determinada por su elevada constante dieléctrica.

7) **Elevada fuerza de adhesión:** hace que las moléculas de agua tengan gran capacidad de adherirse a las paredes de conductos de pequeño diámetro, ascendiendo en contra de la gravedad. Este fenómeno se conoce con el nombre de capilaridad y es responsable del ascenso de la savia bruta a través de los vasos leñosos de las plantas.

Por lo tanto, el agua es el principal disolvente biológico, permite el transporte en el interior de los seres vivos y su intercambio con el medio externo, facilitando el aporte de sustancias nutritivas y la eliminación de productos de desecho. Además, constituye el medio en el que se realizan la mayoría de las reacciones bioquímicas (28).

4.2. Minerales en los procesos biológicos

Todos los elementos de la tabla periódica poseen su importancia, ya que forman parte de nuestro universo. Sin embargo, hay algunos que, por su relevancia en los seres vivos, merecen ser más estudiados por nosotros.

Los elementos que son indispensables para la vida se los conoce en el campo de la salud como minerales. Estos tienen numerosas funciones en el organismo humano, como se muestra a continuación:

Tabla 9. Función de los minerales en el cuerpo. (13)

Mineral	Función	Fuente
Sodio	Homeostasis, equilibrio de líquidos corporales, trasmisión nerviosa, contracción muscular	Sal de mesa, salsa de soya, alimentos procesados, leche, pan, verduras, carne
Cloro	Homeostasis, equilibrio de líquidos corporales, ácidos estomacales	Sal de mesa, salsa de soya, alimentos procesados, leche, carne, pan, verduras

Potasio	Homeostasis, equilibrio de líquidos corporales, trasmisión nerviosa, contracción muscular	Carne, leche, frutas, verduras, granos, legumbres
Calcio	Formación de dientes y huesos, relajación y contracción muscular, trasmisión nerviosa, coagulación de la sangre, regulación de la presión arterial, sistema inmunológico	Leche y lácteos, pescado, tofú, leche de soya, verduras, brócoli, legumbres
Fósforo	Formación de dientes y huesos, desempeño mental, equilibro ácido – base en el organismo, formación de ADN y ARN	Carne, pescado, aves, huevos, leche, alimentos procesados
Magnesio	Formación de huesos y proteínas, contracción muscular, trasmisión nerviosa, sistema inmunológico	Frutos y semillas secas, legumbres, verduras de hoja verde, pescado, mariscos, chocolate, alcachofa, agua potable
Azufre	Formación de proteínas	Proteínas (carne, aves, pescado, huevo, leche). Legumbres, frutos secos
Hierro	Formación de hemoglobina, transporte de oxígeno, metabolismo de nutrientes	Vísceras, carne roja, pescados, aves, mariscos, yema de huevo, legumbres, frutas, verduras de hojas verdes, panes, cereales

Zinc	Formación de proteínas, ADN y ARN, sentido del gusto, curación de heridas, desarrollo fetal, producción de semen, crecimiento y maduración sexual, sistema inmunológico	Carne, pescado, aves, granos, levadura, verduras
Yodo	Formación de hormonas tiroideas, salud de la tiroides	Pescado, mariscos, sal yodada, pan, lácteos
Selenio	Función antioxidante	Carne, pescado, mariscos, granos
Cobre	Funcionamiento de enzimas, metabolismo de hierro	Legumbres, nueces, semillas, granos, vísceras
Manganeso	Funcionamiento de enzimas	Alimentos de origen vegetal
Flúor	Formación de huesos y dientes, prevención de caries	Agua potable, pescado, té herbal
Cromo	Funcionamiento de la insulina para regular el azúcar en sangre	Hígado, levadura de cerveza, granos, frutos secos, quesos
Molibdeno	Funcionamiento de enzimas	Legumbres, panes, granos, verduras de hojas verdes, leche, hígado.

4.3. Metabolismo, Catabolismo Y Anabolismo

Metabolismo

Conjunto de reacciones químicas que se producen en la célula para utilizar la materia incorporada y transformarla en materia viva propia o para proporcionar energía. En el metabolismo podemos distinguir dos vías:

- **Anabolismo:** Conjunto de reacciones formadoras de nuevas sustancias más complejas.
- **Catabolismo:** Conjunto de reacciones que descomponen las moléculas complejas en cuerpos más sencillos. Todas las reacciones químicas del metabolismo están catalizadas por las enzimas (28).

Catabolismo

Conjunto de reacciones químicas por las que se liberan energía que las células pueden utilizar para llevar a cabo sus funciones vitales y por las cuales las moléculas grandes y complejas son rotas y transformadas en otras más sencillas.

Las principales características de las reacciones catabólicas son las siguientes: se trata de procesos oxidativos, caracterizados por la pérdida de electrones del sustrato. En estas reacciones se libera energía y se obtienen como productos finales CO_2 y H_2O, en el catabolismo total. Son procesos importantes e idénticos en organismos autótrofos y heterótrofos (28).

Anabolismo

Conjunto de reacciones químicas en las que se forman moléculas complejas a partir de moléculas sencillas y que requieren un aporte de energía. En el proceso anabólico o de síntesis hay una incorporación de energía, la cual puede tener tres orígenes distintos:

1. Energía luminosa del sol
2. Energía procedente de reacciones químicas
3. Energía almacenada en compuestos orgánicos

Anabolismo autótrofo: La fuente de energía que utilizan los organismos autótrofos en el anabolismo puede ser de dos tipos: (23)

1. Energía luminosa del sol: fotosíntesis (plantas).
2. Energía procedente de reacciones químicas (bacterias).

Las principales características del anabolismo autótrofo son:

- Parte de sustancias inorgánicas (CO_2; NO_3; H_20).
- Incorpora energía a las moléculas.
- Produce moléculas orgánicas.

Anabolismo heterótrofo: La fuente de energía que utilizan los organismos heterótrofos procede de la energía almacenada en los enlaces de los compuestos orgánicos.

Las principales características que definen el anabolismo heterótrofo son:

- Parte de sustancias orgánicas sencillas.
- Incorpora energía a las moléculas.
- Produce moléculas orgánicas complejas (28).

4.4. Metabolismo energético de las biomoléculas

4.4.1. Digestión y metabolismo de carbohidratos

Digestión y absorción

Cuando consumimos biomoléculas a través de nuestra alimentación, el organismo debe digerirlas, es decir, prepararlas para poder ser absorbidas y aprovechadas. Esto se logra a través de las enzimas digestivas, que se encuentran en diversas zonas del aparato gastrointestinal, y cambios de pH, movimientos intestinales, entre otros factores. Se podría decir que las reacciones que ocurren al digerir alimentos corresponden al catabolismo, ya que de moléculas complejas se obtienen moléculas simples, y a partir de estas se forma energía celular.

Refiriéndonos a los carbohidratos, normalmente, el ser humano se alimenta de 3 tipos principales: sacarosa, lactosa y almidón. El primer proceso de digestión de los carbohidratos inicia en la boca, al mezclarse los alimentos con la saliva.

La saliva es secretada por las glándulas salivales, y contiene varias enzimas. Una de estas se conoce como ptialina y es una alfa amilasa, es decir, actúa sobre las moléculas de almidón, rompiendo sus enlaces para obtener pedazos más pequeños, es decir, conjuntos de dos a nueve moléculas de glucosa. A este proceso se le conoce de forma general como hidrólisis.

En la boca, solo un 5% del almidón sufre de hidrólisis por esta amilasa salival, pero su acción puede durar hasta una hora después en el estómago, logrando hidrolizar hasta un 40% del almidón.

La sacarosa, lactosa, glucosa y fructosa que se consumen, son deglutidas sin ninguna alteración.

La siguiente fase de la digestión de carbohidratos se da en el intestino delgado. El páncreas produce el jugo pancreático, que contiene varias enzimas digestivas, y se vierte en el intestino delgado. Una de ellas es la amilasa pancreática, que actúa sobre el almidón y es más potente que amilasa salival. En condiciones normales, así se logra digerir todo el almidón transformándolo en muchas moléculas de maltosa.

Las células de las microvellosidades del intestino delgado producen cuatro enzimas:

- Lactasa, cuya función es dividir a la lactosa en galactosa y glucosa
- Sacarasa, cuya función es dividir la sacarosa en fructosa y glucosa
- Maltasa, que divide a la maltosa en dos moléculas de glucosa, y
- Alfa dextrinasa, que descompone algunos oligosacáridos, como dextrinas, pectinas, entre otros.

Así, los azúcares que quedan y que se absorberán a través del intestino son: glucosa (cerca de un 80%), fructosa y galactosa (28).

La glucosa se absorbe a través del intestino delgado, y puede utilizarse para dar energía a sus células, o pasar a la sangre para ser distribuida a todo el cuerpo. La insulina facilita la entrada de glucosa a las células en cantidades suficientes para producir la energía que se requiere, de modo que cuando no hay insulina, la cantidad de glucosa que entra a las células es muy limitada.

A su vez, las moléculas de fructosa y galactosa que son absorbidas en el intestino, pasan a través de la sangre al hígado, en donde son convertidas en glucosa. Además, el hígado y los músculos tienen la capacidad de formar un polisacárido de reserva llamado glucógeno uniendo varias moléculas de glucosa, almacenándola para utilizarla en cuanto sea necesario. El proceso de formación de glucógeno se llama gluconeogénesis, mientras que el proceso de aprovechamiento del glucógeno se llama glucogenólisis.

Otro carbohidrato que se ingiere en la dieta es la celulosa, que forma parte de la llamada fibra alimentaria. El organismo humano no posee las enzimas necesarias para digerir esta molécula, de tal modo que pasa inalterada a través del aparato gastrointestinal y forma la mayor parte de la composición de las heces. Por esto, su función no es energética, sino reguladora del tránsito gastrointestinal. Sin embargo, algunas bacterias que forman parte de la microbiota intestinal pueden digerir pequeñas cantidades de celulosa como alimento, lo que provoca gas como sustancia de desecho (28).

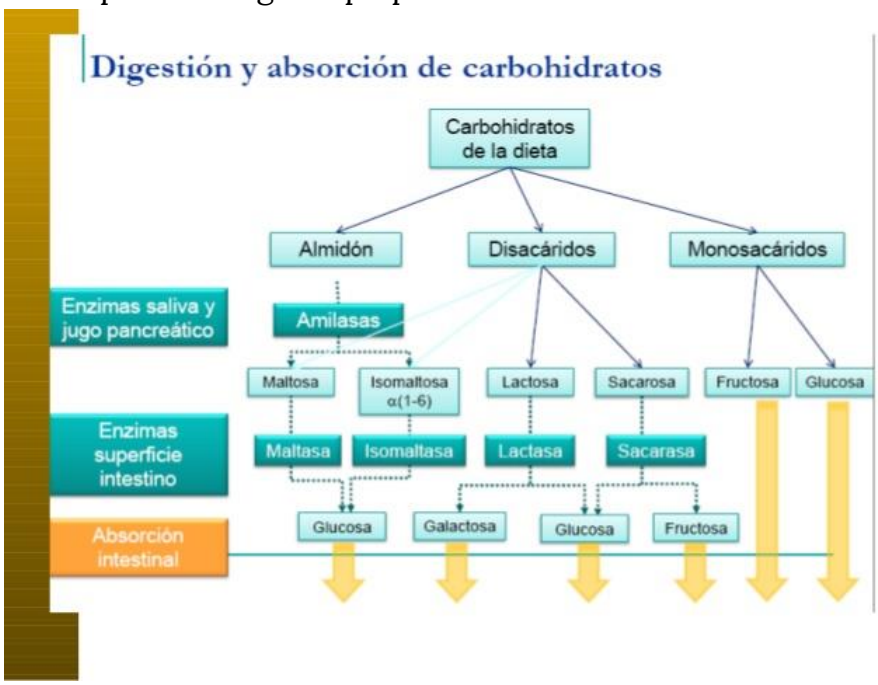
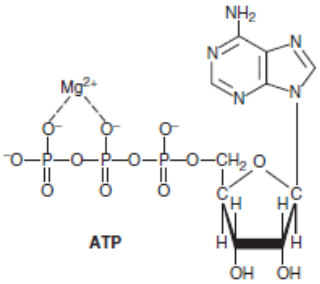


Figura 58. Digestión de carbohidratos. (28)

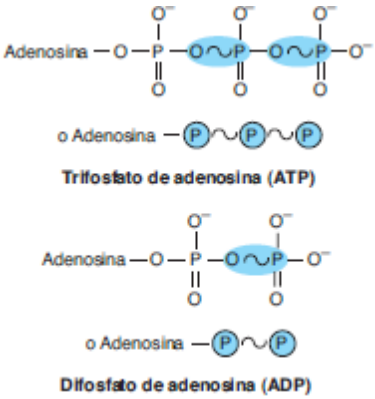
El ATP y la energía celular

A fin de que se cumplan las funciones vitales, los organismos vivos deben obtener energía a través de algún proceso. Las plantas la obtienen a través de la energía solar, y algunas bacterias a través del hierro. Sin embargo, los seres heterótrofos obtienen esta energía a través de la ruptura de enlaces de moléculas complejas, como el ATP.

ATP son las siglas de adenosin-tri-fosfato, también llamado trifosfato de adenosina. Está compuesto de adenina, ribosa y tres grupos fosfato.



Esta molécula proviene del ADP, adenosin-di-fosfato, o difosfato de adenosina. Así, el ATP contiene 3 grupos fostato, con dos enlaces altamente energéticos, y la molécula de ADP contiene 2 grupos fosfato, con un enlace altamente energético.



Para una mejor comprensión, podemos imaginar que el ADP es como una pila o batería descargada, y el ATP es la batería cargada. Así, durante las reacciones metabólicas que producen energía para la célula, las moléculas de ADP se transforman en ATP, añadiendo un grupo fosfato. Esto se da

principalmente a través de la llamada respiración celular, que estudiaremos a continuación.

A su vez, cuando la célula necesita energía, esta se libera al cortar un grupo fosfato desde la molécula de ATP, convirtiéndose en ADP nuevamente. Así, el ADP formado se recicla y puede volver a "cargarse" en una reacción (28).

Respiración celular

Se conoce como respiración al celular al proceso bioquímico a través del cual la glucosa se transforma en dióxido de carbono y agua, con la producción de energía celular, o ATP.

En este proceso, intervienen principalmente los siguientes elementos:

- **Enzimas:** existe una gran cantidad de enzimas especializadas en realizar una serie de transformación con el fin de obtener energía.
- **ATP y ADP**: El ATP se utiliza para obtener la energía necesaria para formar algunos enlaces que se requieren en el proceso, y el ADP se transforma en ATP al unirse a un grupo fosfato (P_i) a través de la energía producida como producto de la respiración celular.
- **NAD+**: son las siglas de nicotin adenin dinucleótido, y es una molécula capaz de aceptar algunos electrones que quedan libres en los procesos de la respiración celular, y obtener energía a partir de ellos, transformándose en NADH.
- **FAD:** son las siglas de flavin adenin dinucléotido, y es una molécula con similar acción al NAD^+. Se trasforma en $FADH_2$.
- **Oxígeno (O2):** el oxígeno que se adquiere desde el exterior, a través de la respiración pulmonar, branquial, u otros métodos, es necesario para que se obtenga energía de forma completa, de modo que algunos de las reacciones no pueden dar sin este elemento.

Las etapas de la respiración celular son:

- Glucólisis
- Oxidación de piruvato

- Ciclo de Krebs
- Fosforilación oxidativa. (28)

Glucólisis:

Dentro del citoplasma celular, la molécula de glucosa sufre una primera transformación llamada glucólisis. Este proceso no requiere de oxígeno y genera una pequeña cantidad de energía celular, o ATP. Cada molécula de glucosa se convierte en dos moléculas de 3 carbonos cada una, que se llaman piruvatos.

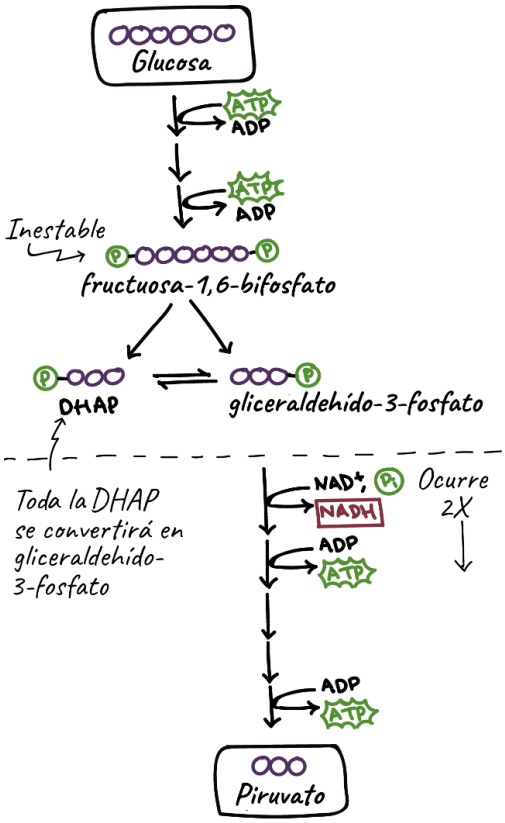


Figura 59. Glucólisis. (28)

Entonces, la ecuación global de la glucólisis es la siguiente:

$$Glucosa + 2ADP + 2P_i + 2NAD^+ \rightarrow 2\ piruvato + 2ATP + 2NADH + 2H^+ + 2H_2O$$

Esto significa que a partir de una molécula de glucosa, se generan 2 moléculas de piruvato, 2 moléculas de ATP, y 2 moléculas de NADH, que aportará a la formación de más ATP en otro proceso (28).

Oxidación de piruvato:

Los piruvatos ingresan en la mitocondria, en las células eucariotas. Posteriormente cada molécula de piruvato se oxida en presencia de oxígeno, formando moléculas de acetilcoenzima A.

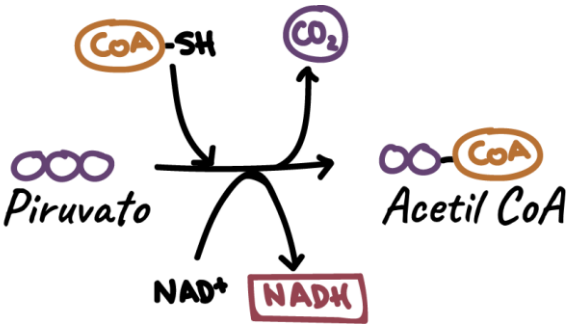


Figura 60. Oxidación de piruvato. (28)

Como puede verse, en esta reacción, se produce además dióxido de carbono, pero sin formación de ATP. Sin embargo, el NADH formado producirá ATP en un proceso posterior.

Si no existe oxígeno, las moléculas de piruvatos se transforman en lactatos. Esta es una reacción que se da generalmente en los músculos, cuando hay gran esfuerzo físico en zonas que no están acostumbradas a tener tal sobrecarga, de modo que el oxígeno existente no resulta suficiente. El lactato se acumula hasta que exista más oxígeno disponible, entonces, nuevamente se transforma en piruvatos y puede ser oxidado a acetilcoenzima A. Algunos tejidos, como el miocardio, tienen la capacidad de generar energía a partir del lactato sin necesidad de contar con oxígeno.

La acumulación de lactato es una de las causas para experimentar dolor muscular inmediatamente después del ejercicio intenso (28).

Ciclo de Krebs:

Las moléculas de acetilcoenzima A ingresan al ciclo de Krebs, también llamado ciclo del ácido cítrico, o ciclo de los ácidos tricarboxílicos. Esta es una sucesión de reacciones complejas que se producen en las mitocondrias

en presencia de oxígeno, en las que intervienen una serie de compuestos, que al final se regeneran.

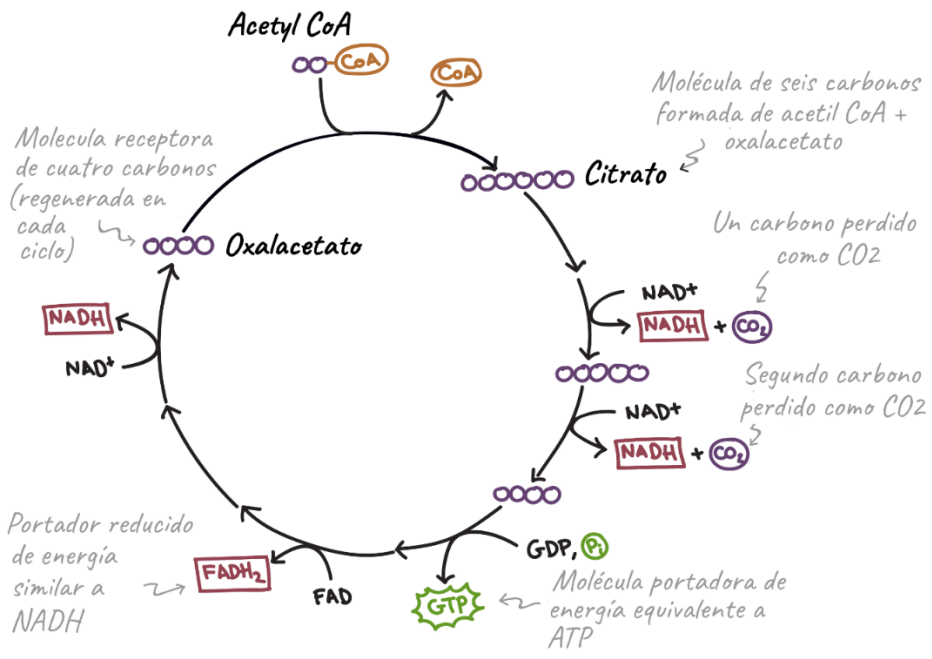


Figura 61. Ciclo de Krebs. (28)

Así, la ecuación global del ciclo de Krebs es:

$$Acetilcoenzima\ A + 2H_2O + 3NAD^+ + FAD + GDP + P_i$$
$$\rightarrow 2CO_2 + 3NADH + 3H^+ + FADH_2 + GTP$$

Como puede verse, a partir de cada molécula de acetilcoenzima A se produce una molécula de GTP (guanosina trifosfato), que a su vez se convierte en una molécula de ATP. Sin embargo, el NADH y $FADH_2$ producirán más ATP en el siguiente proceso (28).

Fosforilación oxidativa.

Este es un proceso a través del cual se produce ATP a partir de moléculas de NADH y $FADH_2$ en presencia de oxígeno. Se produce en la membrana interior de la mitocondria. Consta de dos fases: cadena transportadora de electrones, y quimiosmosis.

En la cadena transportadora de electrones, las moléculas de NADH y $FADH_2$ entregan electrones a algunas proteínas que se encuentran en la membrana

interior de la mitocondria. Esto a su vez, produce que átomos de hidrógeno cargado (H^+) salgan hacia el exterior de la membrana. Los electrones pasan de una proteína a otra hasta que son captados por átomos de oxígeno, que los usan para formar moléculas de agua al unirse con hidrógeno.

En la quimiosmosis, al descender la cantidad de hidrógeno libre al lado interior de la membrana, los átomos de hidrógeno que estaban en el exterior vuelven a ingresar. Esto activa a una enzima llamada ATP sintasa, que es capaz de unir un grupo fosfato al ADP y así formar nuevo ATP.

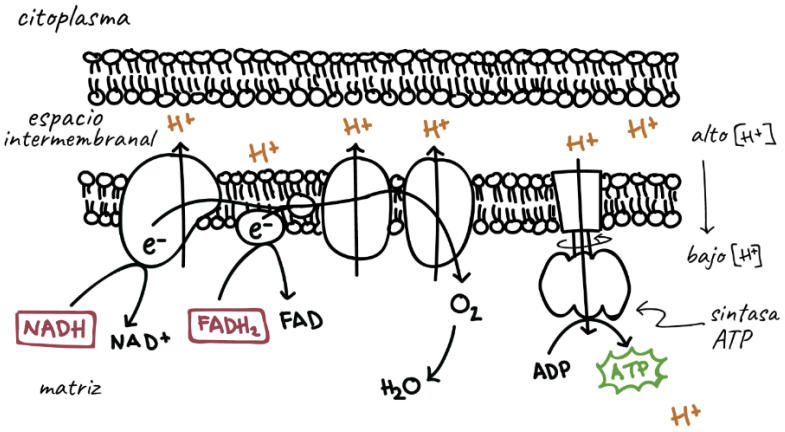


Figura 62. Fosforilación oxidativa. (28)

De este modo, cada molécula de NADH es capaz de aportar a la producción de 2 a 3 moléculas de ATP, y en el caso de cada molécula de $FADH_2$, de 1 a 2 (28).

Haciendo un resumen, podemos calcular la cantidad de ATP producido por una molécula de glucosa de este modo:

Etapa	Productos	Producción de ATP
Glucólisis	2 ATP	2 ATP
	2 NADH	3-5 ATP
Oxidación de piruvato	2 NADH	5 ATP
Ciclo de Krebs	2 GTP	2 ATP

	6 NADH	15 ATP
	2 $FADH_2$	3 ATP
TOTAL		30-32 ATP

Tabla 10. Cantidad de ATP producido por una molécula de glucosa. (28)

Ruta de las pentosas fosfato

La ruta de la pentosa fosfato es una vía alternativa para el metabolismo de la glucosa. No lleva a formación de ATP, pero tiene dos funciones importantes:

1) la formación de NADPH para la síntesis de ácidos grasos y esteroides,

2) la síntesis de ribosa para la formación de ribonucleótidos y ARN.

Tres moléculas de glucosa 6-fosfato dan lugar a tres moléculas de CO_2 y a tres azúcares de cinco carbonos, los cuales se reordenan para regenerar dos moléculas de glucosa 6-fosfato y una molécula de gliceraldehído 3-fosfato (28).

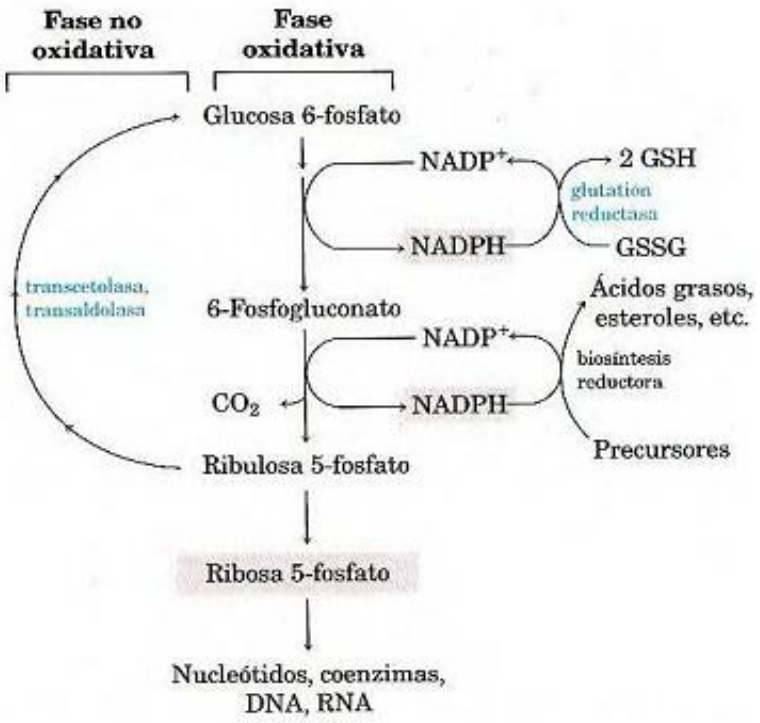


Figura 63. Ruta de las pentosas fosfato. (28)

4.4.2. Digestión y metabolismo de lípidos

Digestión y absorción

La digestión de los lípidos empieza en la boca, por acción de la lipasa lingual, que se encuentra en la saliva. Posteriormente, en el estómago existe la lipasa gástrica. Ambas enzimas hidrolizan a los ácidos grasos, especialmente de cadena corta.

En el intestino delgado las sales biliares contenidas en la bilis emulsifican las grasas, es decir, las separan en pequeñas gotitas. Sobre estas actúan la lipasa pancreática, la colipasa, las fosfolipasas y la colesterol esterasa. Cuando se encuentran en forma de moléculas libres, los lípidos son absorbidos por el intestino, en donde se forman los tipos de lipoproteínas que estudiamos anteriormente, que son distribuidos a todo el organismo a través de la circulación sanguínea y linfática.

Metabolismo

Los ácidos grasos que ingresan en el citoplasma, sufren una primera transformación al unirse con coenzima A para formar acilcoenzima A, proceso que requiere de energía. De esta forma, y ayudado por el aminoácido carnitina, ingresa en las mitocondrias y empieza un proceso llamado β-oxidación, que consiste en una serie de 4 reacciones para cortar una sección de 2 carbonos de la acilcoenzima A, y obtener acetilcoenzima A, que ingresa al ciclo de Krebs tal como se indicó en el metabolismo de carbohidratos. Además, en cada ciclo de β-oxidación, se produce NADH y FADH2, que, como sabemos, interviene en la producción de ATP en la fosforilación oxidativa (28).

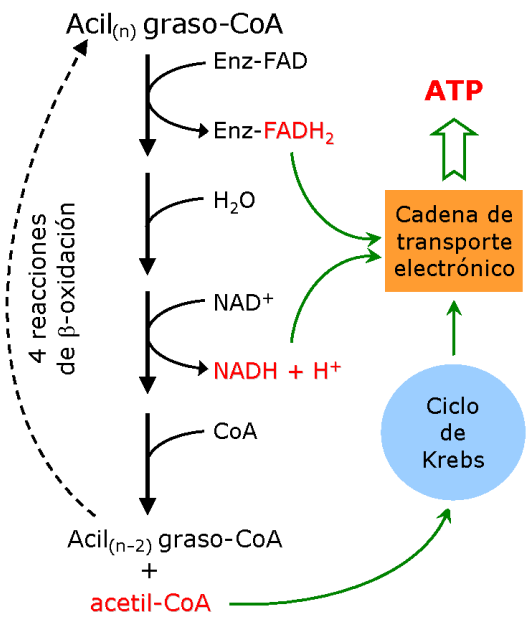


Figura 64. Beta oxidación. (28)

Por lo tanto, se puede deducir que una molécula de ácido graso produce más cantidad de ATP que una de glucosa, ya que en dependencia del número de átomos de carbono que tenga, producirá varias moléculas de acetilcoenzima A para ingresar al ciclo de Krebs, además de NADH y $FADH_2$ en cada β-oxidación (28).

Lipólisis

Lipólisis es el proceso mediante el cual las reservas de triglicéridos que se encuentran almacenadas en el tejido adiposo, son hidrolizadas hasta ácidos grasos, que son transportados en forma de lipoproteínas al tejido en el cual se necesiten. Este proceso se da principalmente cuando hay deficiencia de carbohidratos energéticos o en estados de ayuno (28).

Formación de cuerpos cetónicos

En ocasiones, la velocidad de formación de acetilcoenzima A en la β-oxidación supera a la velocidad de entrada de estas moléculas al ciclo de Krebs, algo que se da especialmente en situaciones de ayuno, o cuando hay una gran cantidad de ácidos grasos disponibles debido a un poco ingreso de glucosa a las células (como en caso de diabetes) o una dieta rica en grasas, seguida de ejercicio intenso (dieta keto o cetogénica). Cuando esto sucede, las moléculas de acetilcoenzima A se unen para formar algunos compuestos llamados de modo general cuerpos cetónicos, y viajan a los tejidos que requieran de energía. Una cantidad demasiada alta de cuerpos cetónicos en sangre produce cetoacidosis, que es común en diabetes mal controlada, y puede ser fatal (28).

Biosíntesis de ácidos grasos a partir de glucosa

Existe una ruta metabólica para convertir los azúcares ingeridos en grasa. Esta empieza en el citoplasma a partir de moléculas de acetilcoenzima A, que generalmente provienen de glucosa, y que se encuentran en exceso. Por acción de varias enzimas, se convierten en malonilcoenzima A. La unión de varias de estas moléculas da como resultado el nuevo ácido graso,

generalmente ácido palmítico, que será transformado en triglicérido y utilizado o reservado.

A partir de este ácido palmítico, en el retículo endoplásmico se pueden crear otros ácidos grasos por vía enzimática (28).

Biosíntesis de colesterol

La mitad del colesterol del organismo es adquirido en la dieta, y la mitad es sintetizado. Su síntesis parte de acetilcoenzima, que se unen y transforman por vía enzimática para dar lugar al mevalonato. A partir de esta molécula, se forman isoprenoides, las mismas moléculas que dan lugar a los aceites esenciales en las plantas. Los isoprenoides se unen para formar una molécula más grande llamada escualeno, cuyas posteriores modificaciones terminarán formando colesterol (28).

4.4.3. Digestión y metabolismo de proteínas

Digestión y absorción de proteínas

Las proteínas inician su digestión en el estómago. Por acción de los ácidos estomacales y los movimientos peristálticos, las proteínas consumidas se desnaturalizan, tomando una forma más o menos lineal, lo que facilita la actuación de las enzimas. En el estómago, interviene principalmente la pepsina, que es secretada como pepsinógeno y se activa en el pH ácido del estómago, y que hidroliza parcialmente las proteínas. También interviene la renina, enzima especializada en la caseína de la leche.

En el intestino delgado se depositan a través del jugo pancreático las enzimas: tripsina, quimotripsina, elastasa, carboxipeptidasa, entre otras, que actúan rompiendo enlaces entre aminoácidos específicos. A través del epitelio intestinal, se absorben los aminoácidos libres.

En el interior de las células, también se da un mecanismo de digestión de proteínas, que sirve para reciclar los aminoácidos. Esto se da por acción de enzimas proteolíticas en los lisosomas y el citoplasma.

Metabolismo de aminoácidos

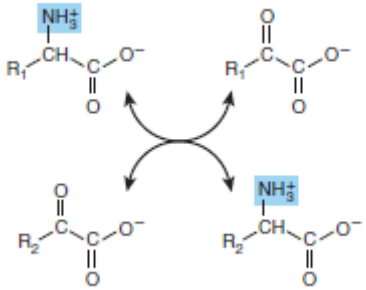
Si bien los aminoácidos son reciclados para formar nuevas proteínas, algunos son metabolizados con el objetivo de obtener energía, o eliminar aquellos que se encuentran en exceso o con estructura dañada. Especialmente, este proceso se ocupa de eliminar el grupo amino, puesto que su acumulación como amonio o amoniaco, es tóxica para el organismo. Por ello, el cuerpo humano lo excreta como urea a través de la orina.

El metabolismo de los aminoácidos consta de los siguientes pasos:

- Transaminación
- Desaminación oxidativa de glutamato
- Transporte de amoniaco
- Ciclo de la urea

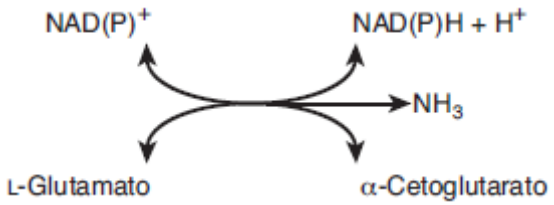
Transaminación:

En este paso, las enzimas transfieren el grupo amino desde el aminoácido hasta el cetoglutarato, para formar glutamato. Existen enzimas específicas para cada aminoácido.



Desaminación oxidativa de glutamato

En este paso hepático, la enzima glutamato deshidrogenasa separa el grupo amino del glutamato, y lo libera en forma de amoniaco.



Transporte de amoniaco y ciclo de la urea

En las mitocondrias, el amoniaco que proviene del glutamato se une a dióxido de carbono, para formar carbamoil fosfato que, a través de otras conversiones, forma arginina, desde donde se desprende una molécula de urea, que es eliminada por vía renal.

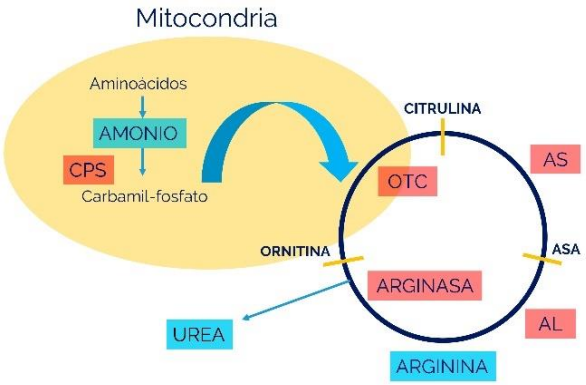


Figura 65. Ciclo de la urea. (28)

El resto de cada aminoácido, es decir, el esqueleto de carbono, da lugar a diferentes compuestos que intervienen en el ciclo de Krebs, es decir, aportan a la obtención de energía.

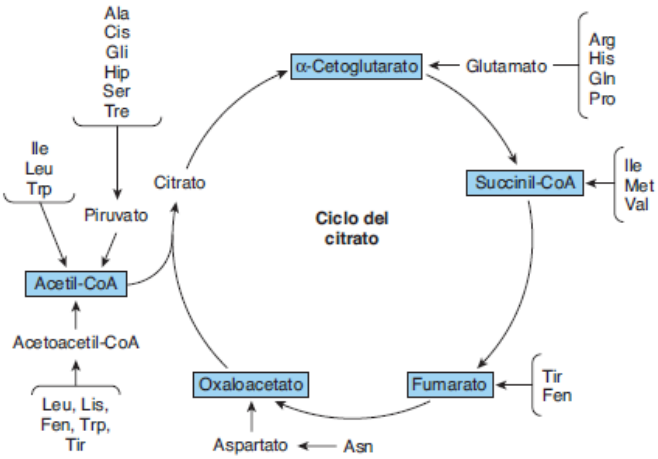


Figura 66. Metabolismo de aminoácidos. (28)

4.4.4. Digestión y metabolismo de nucleótidos

Los nucleótidos provenientes del ADN y ARN que se consumen en la dieta no son incorporados directamente a nuestro material genético. Sufren degradación en el intestino, y son absorbidas las bases de purinas y pirimidinas, sin embargo, la mayor cantidad de estas moléculas es sintetizada por el propio cuerpo.

Durante estos procesos, y el reciclaje del ADN y ARN, se prefiere reutilizar uracilo y citosina, mientras que se metaboliza la adenina y guanina, a través de una serie de transformaciones en inosina, hipoxantina y xantina, obteniendo finalmente ácido úrico, que es excretado en la orina (28).

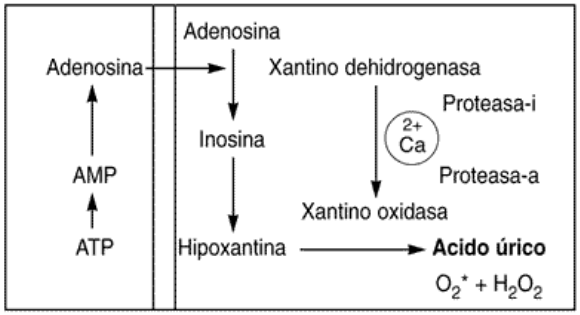


Figura 67. Metabolismo de nucleótidos. (28)

ACTIVIDADES RECOMENDADAS

Grafique el metabolismo de cada uno de los tipos de biomoléculas para facilitar su comprensión.

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

2. Gavín M, Contero F. Módulo de Química. Riobamba: Instituto Superior Tecnológico Dr. Misael Acosta Solís; 2020.

4. Polianski Y. Biología General. 1a ed. Moscú: Mir Moscú; 1986.

5. Guarderas C, Castro A. Biología Moderna. 6a ed. Vol. 2. Quito; 1987.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

1. La química y sus aplicaciones [Internet]. [citado el 22 de octubre de 2023]. Disponible en: https://aquihayquimica.iqs.edu/la-quimica-y-sus-aplicaciones/

3. Historia_de_la_química [Internet]. [citado el 22 de octubre de 2023]. Disponible en: https://www.quimica.es/enciclopedia/Historia_de_la_qu%C3%ADmica.html

6. ¿Qué significa realmente la famosa ecuación de Einstein? - Enterarse [Internet]. [citado el 22 de octubre de 2023]. Disponible en: https://www.enterarse.com/20191111_0001-que-significa-realmente-la-famosa-ecuacion-de-einstein/

7. Modelo atómico de Dalton: Los cuatro postulados | StudySmart [Internet]. [citado el 22 de octubre de 2023]. Disponible en: https://www.studysmarter.es/resumenes/quimica/atomos-y-moleculas/modelo-atomico-de-dalton/

8. Joseph J. Thomson, descubridor del electrón - Rincón educativo [Internet]. [citado el 22 de octubre de 2023]. Disponible en: https://rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/joseph-john-thomson/

9. Modelo atómico de Rutherford. 1911 [Internet]. [citado el 22 de octubre de 2023]. Disponible en: http://elfisicoloco.blogspot.com/2012/11/modelo-atomico-de-rutherford.html

10. Modelo atómico de Bohr - Qué es, principios básicos y biografía [Internet]. [citado el 22 de octubre de 2023]. Disponible en: https://www.geoenciclopedia.com/modelo-atomico-de-bohr-250.html

11. Qué es la tabla periódica de los elementos químicos [Internet]. [citado el 22 de octubre de 2023]. Disponible en: https://clickmica.fundaciondescubre.es/conoce/100-preguntas-100-respuestas/la-tabla-periodica/

12. Estructura del Átomo de Carbono - Areaciencias [Internet]. [citado el 22 de octubre de 2023]. Disponible en: https://www.areaciencias.com/quimica/estructura-del-atomo-de-carbono/

13. Metaloides: propiedades, usos y características [Internet]. [citado el 22 de octubre de 2023]. Disponible en: https://humanidades.com/metaloides/

14. Cuadernos de Física: El átomo de Hidrógeno [Internet]. [citado el 22 de octubre de 2023]. Disponible en: https://www.cuadernosdefisica.es/2015/05/el-atomo-de-hidrogeno.html

15. Química [Internet]. [citado el 22 de octubre de 2023]. Disponible en: http://www.portalhuarpe.com.ar/medhime20/nuevos%20oa/quimica%20gomez/Distribucion.html

16. Indicaciones miscelánea “Configuración electrónica” [Internet]. [citado el 22 de octubre de 2023]. Disponible en:

https://proyectodescartes.org/ingenieria/materiales_didacticos/Configuracion_Electronica-JS/indicaciones.html

17. Archivo: Capa electrónica 011 Sodio.svg - Wikipedia, la enciclopedia libre [Internet]. [citado el 22 de octubre de 2023]. Disponible en: https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Capa_electr%C3%B3nica_011_Sodio.svg

18. TABLA PERIODICA DE LOS ELEMENTOS -Tabla Periódica de los elementos en español- con los 4 nuevos elementos Imagen Vector de stock - Alamy [Internet]. [citado el 22 de octubre de 2023]. Disponible en: https://www.alamy.es/tabla-periodica-de-los-elementos-tabla-periodica-de-los-elementos-en-espanol-con-los-4-nuevos-elementos-image159363832.html

19. Seese W, Daub W. Química. 5a ed. México: Prentice-Hall Hispanoamérica; 1989.

20. Harrow B. Tratado de Bioquímica. 2a ed. México: Editorial Atlante; 1950.

21. Revisión básica de química general y orgánica | Bioquímica. Las bases moleculares de la vida, 7e | AccessMedicina | McGraw Hill Medical [Internet]. [citado el 22 de octubre de 2023]. Disponible en: https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=2971&sectionid=251481009

22. El CICLO del CARBONO: qué es, cómo funciona y su importancia - RESUMEN y ESQUEMAS [Internet]. [citado el 22 de octubre de 2023]. Disponible en: https://www.ecologiaverde.com/el-ciclo-del-carbono-que-es-como-funciona-y-su-importancia-2999.html

23. Laguna J. Bioquímica. 2a ed. La Prensa Médica Mexicana, editor. México: Editorial Fournier S.A.; 1978.

24. BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA 1º BACHILLERATO TEMA 9 INTRODUCCIÓN A LA BIOQUÍMICA TEMA 9. INTRODUCCIÓN A LA BIOQUÍMICA: BIOELEMENTOS Y BIOMOLÉCULAS.

25. Harper H. Química fisiológica. México: El Manual Moderno; 1971.

26. Lipoproteínas [Internet]. [citado el 22 de octubre de 2023]. Disponible en: https://biomodel.uah.es/model2/lip/lipoproteinas.htm

27. La célula. 1. Introducción. Atlas de Histología Vegetal y Animal [Internet]. [citado el 22 de octubre de 2023]. Disponible en: https://mmegias.webs.uvigo.es/5-celulas/1-introduccion.php

28. Lecciones de biología | Ciencia | Khan Academy [Internet]. [citado el 22 de octubre de 2023]. Disponible en: https://es.khanacademy.org/science/biology

MISAEL ACOSTA

CARRERA DE NATUROPATÍA

Dirección: Loja 31 - 15 y Buenos Aires
Teléfono fijo: 032 961 680
Teléfono móvil: +593 98 818 3081

RIOBAMBA - ECUADOR