Notas de clase

Apropiación social del conocimiento
Generación de contenidos impresos
<https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/7375>
N.º 13, diciembre de 2021
doi: <https://doi.org/10.16925/gcnc.20>

PILARES QUÍMICOS DE LA VIDA

María Eugenia Moreno-Londoño
Universidad Cooperativa de Colombia
Sede Medellín

ACERCA DE LA AUTORA

María Eugenia Moreno-Londoño, magíster en Educación, profesora auxiliar de tiempo completo del programa de Medicina, Universidad Cooperativa de Colombia, sede Medellín, Colombia.

Correo electrónico:

maria.moreno@campusucc.edu.co.

CÓMO CITAR ESTE DOCUMENTO

Moreno-Londoño ME. *Pilares químicos de la vida* (Generación de contenidos impresos N.º 13). Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia, 2021. doi: <https://doi.org/10.16925/gcnc.20>

NOTA LEGAL

El presente documento de trabajo ha sido incluido dentro de nuestro repositorio institucional como Apropiación social de conocimiento por solicitud del autor, con fines informativos, educativos o académicos. Asimismo, los argumentos, datos y análisis incluidos en el texto son responsabilidad absoluta del autor y no representan la opinión del Fondo Editorial o de la Universidad.

DISCLAIMER

This coursework paper has been uploaded to our institutional repository as Social Appropriation of Knowledge due to the request of the author. This document should be used for informational, educational or academic purposes only. Arguments, data and analysis included in this document represent authors' opinion not the Press or the University.

Este documento puede ser consultado, descargado o reproducido desde nuestro repositorio institucional (<http://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/7369>) para uso de sus contenidos, bajo la licencia de Creative Commons Reconocimiento-No-Comercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
Propósito del módulo	7
Estructura de desarrollo	7
BIOELEMENTOS	9
Elementos primarios	9
Elementos secundarios	12
Variables y oligoelementos	12
GRUPOS FUNCIONALES	13
ENLACES QUÍMICOS	14
Enlaces intramoleculares	14
Enlaces intermoleculares	16
CONCLUSIONES	17
LECTURA SUGERIDA	18
APLICACIÓN DE CONCEPTOS	20
Taller	20
Seguimiento y argumentación	22
REFERENCIAS	22
VIDEOS RECOMENDADOS	22

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 1. Organización microquímica de la vida y los organismos macroscópicos	8
FIGURA 2. Pilares atómicos de la estructura y la función celular	9
FIGURA 3. Oligoelementos y su función celular	12
FIGURA 4. Enlaces covalentes	15
FIGURA 5. Enlaces iónicos	15
FIGURA 6. Enlaces puentes de hidrógeno	16

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1. Bioelementos primarios: estructura y función	10
TABLA 2. Bioelementos secundarios y función	11
TABLA 3. Grupos funcionales en las biomoléculas	13

LISTADO DE ABREVIATURAS

H₂O: agua

Na⁺: catión sodio

K⁺: catión potasio

Mg²⁺: catión magnesio

Ca²⁺: catión calcio

Cl⁻: anión cloro

O₂: oxígeno

C: carbono

H: hidrógeno

N: nitrógeno

P: fósforo

S: azufre

F: flúor

CHONPS: sigla que denota los elementos primarios: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre

CO₂: dióxido de carbono

-OH: grupo hidroxilo

NH₂: grupo amino

COOH: grupo carboxilo

CH₂: grupo etilo

CH₃: grupo metilo

ADN: ácido desoxirribonucleico

ARN: ácido ribonucleico

-HCO₃: ion bicarbonato

HCL: ácido clorhídrico

ATP: adenosina trifosfato

A-T: bases nitrogenadas adenina-timina

G-C: bases nitrogenadas guanina-citosina

C-LDL: colesterol-lipoproteínas de baja densidad

C=O: grupo carbonilo

PO₄³⁻: ion fosfato

NaCl: cloruro de sodio

CaCl: cloruro de calcio

MgCl: cloruro de magnesio

13 PILARES QUÍMICOS DE LA VIDA

María Eugenia Moreno-Londoño

Resumen

Las teorías sobre el origen de la vida han centrado su interés en dos premisas. Una con acento metabólico: ¿por qué átomos individuales se unieron mediante fuerza de atracción para originar moléculas con propiedades específicas? Y otra con acento en la aparición de la información celular: ¿por qué estas moléculas tejieron la estructura de una célula para formar organismos independientes con capacidad de replicarse y autorreproducirse? Si bien muchas teorías han desarrollado modelos teóricos y experimentales para hallar algunas respuestas, aún no se ha dicho la última palabra en relación con la aparición de la vida en el planeta. No obstante, la comprensión biológica de un ser vivo parte de una ruta deductiva. La unidad es la estructura y forma externa, visible y macroscópica de cada organismo. Ese todo que se deshilvana en sus partes internas; sistemas que conectan órganos; órganos formados por tejidos; tejidos contruidos por células especializadas; células que toman vida por biomoléculas ensambladas; biomoléculas que son contruidas por átomos amalgamados mediante enlaces químicos. Del ser macroscópico al mundo microscópico de átomos. Esa infinitamente pequeña estructura atómica o bioelementos que iniciaron todo lo materialmente conocido y lo que falta por conocer. Así que el inmaculado acercamiento al universo material permite comprender el invisible mundo atómico que forjó, en un sustrato acuoso o caldo primigenio, la génesis de sustancias inorgánicas, sales minerales y algunos gases; y sustancias orgánicas que confluyeron en la creación de organismos propiamente dichos. Todos los seres vivos del planeta Tierra están conectados, en lo más profundo de su jerarquía, por bioelementos que se han mantenido más o menos uniformes desde la aparición de la vida.

Palabras clave: bioelementos primarios, bioelementos secundarios, enlaces químicos, grupos funcionales, oligoelementos.

Introducción

PROPÓSITO DEL MÓDULO

Este módulo comprende la clasificación, estructura y función de los bioelementos como pilares fundamentales de los seres vivos:

- *Bioelementos primarios o principales*, que, dada la idoneidad de sus propiedades físico-químicas y su alta proporción, constituyen la masa total de los seres vivos (C, H, N, O, P y S).
- *Bioelementos secundarios o electrolitos*, minerales con carga eléctrica que, en una proporción inferior a los anteriores, se encuentran presentes en la sangre y en otros líquidos corporales (Ca^{2+} , Cl^- , K^+ , Mg^{2+} , Na^+).
- *Oligoelementos o metaloides*, que en cantidades trazas son indispensables para el desarrollo armónico del organismo y cuyo papel protagónico es actuar como cofactores enzimáticos (Co, Cu, Cr, F, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Si, I, Zn).

El abordaje de la presente unidad pretende que el estudiante construya conocimiento significativo y desarrolle competencias específicas:

- La clasificación, la estructura y las funciones biológicas de los bioelementos.
- Las propiedades químicas de los bioelementos para formar grupos funcionales y enlaces químicos.

ESTRUCTURA DE DESARROLLO

Si bien las teorías sobre el origen de la vida continúan indagando en el *porqué* de los eventos creadores de tal fenómeno, a ninguna de ellas se le escapa su atención sobre el agua, sopa prebiótica donde se dio la génesis de los primeros

organismos y su evolución [1-3]. Menos se les escapan sus propiedades, que han mantenido una marcada y rentable influencia en la química orgánica. Todo el sustento de tales teorías subsume la termodinámica, la físico-química del agua y la biología en el sustrato acuoso; allí donde los átomos se unieron para formar moléculas con propiedades que tejieron la estructura de la célula, la que en adelante llevaría a cabo todas las funciones vitales que han garantizado la permanencia, perpetuación y extinción de los seres vivos.

En el trasegar por el infinito mundo de respuestas teóricas y experimentales, parece estar resuelto el *cómo*, o las circunstancias en las que se desarrollaron los hechos gestores de vida; es decir, la vida surgió por el producto de miles de millones de interacciones en fase acuosa de la sopa primigenia, donde los átomos formaron la urdimbre de moléculas primordiales de donde surgió la vida [1-3]. Estas columnas vertebrales orgánicas fueron idóneas para constituir las células, las que de forma escalonada desarrollaron un majestuoso poder replicativo y autorreproductivo, creando el medio propicio para la adaptación y la supervivencia. La revolución de átomos y biomoléculas, en obediencia a instrucciones genéticas y ambientales, confirieron forma y función a los sistemas biológicos.

La comprensión biológica de un ser vivo parte de una ruta deductiva: de observar su estructura externa visible a simple vista o con ayuda de la microscopía, a reconocer lo macro y preguntarse: ¿esa fisonomía tangible de qué está compuesta? Tal pregunta convoca a deshilar el mundo macroscópico en sus pequeños micromundos de átomos, que van conformando, paso a paso y de forma escalonada, estructuras cada vez más complejas. Los átomos interconectados forman moléculas; las moléculas polimerizadas crean las células que se hilvanan formando tejidos; estos, unidos, originan órganos, que conectados construyen sistemas; y todos en red forman un organismo [2].

FIGURA 1. Organización microquímica de la vida y los organismos macroscópicos.

Fuente: elaboración propia en BioRender.com.

La figura 1 esboza el panorama primigenio donde se gestó la vida material orgánica a partir de ese invisible e infinitamente pequeño mundo atómico.

Una vez emergió la vida en una estructura definida, delimitada, con forma y función llamada *célula*, indefectiblemente fue habitada por sustancias inorgánicas como el agua, las sales minerales y algunos gases; asimismo, por sustancias orgánicas como las biomoléculas [2].

El agua (H_2O) es la molécula más abundante en los sistemas biológicos y representa el 70% del peso de la célula. Debido a su naturaleza, es el medio de interacción de biomoléculas polares o hidrofílicas, apolares o hidrofóbicas, mixtas o anfipáticas, y de iones cargados positiva o negativamente [2, 4]. Todas orquestan

una sinfonía para mantener en armonía el equilibrio celular.

Los iones, también llamados electrólitos (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} y Cl^-), constituyen el 1% y participan en la homeostasis de la fisiología celular. Los gases (O_2 , CO_2 , N_2), a razón de un 1%, son fundamentales para la respiración celular y la vasodilatación.

Los elementos orgánicos son seis: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), y se amalgaman para formar biomoléculas, carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Estos se encuentran a razón de un 28%, y una vez ensamblados en biomoléculas, son responsables de la arquitectura celular, las membranas celulares y reticulares, el núcleo, los ribosomas, la

mitocondria, los lisosomas, las vesículas, entre otros. Asimismo, responden por todos los procesos vitales para el mantenimiento celular y la perpetuación de las especies.

Pese a la gigantesca biodiversidad del planeta, una bacteria, una ameba, un hongo, una manzana, un gato y los seres humanos están conectados en lo más profundo de su jerarquía por bioelementos que se han mantenido más o menos uniformes desde la aparición de la vida. Sin embargo, desde un punto de vista evolutivo, algunos de estos bioelementos difieren en concentración para formar miles de biomoléculas diferentes en todas las especies de organismos, como respuesta a necesidades de supervivencia.

Bioelementos

Desde el siglo XIX y en lo corrido del siglo XXI, la tabla periódica da cuenta de 118 elementos químicos. De ellos, 27 están integrados en biomoléculas, forman parte íntegra de los seres vivos. Lo anterior indica que la vida toda en el planeta Tierra fue construida con aquellos bioelementos de mayor idoneidad y permanencia en la naturaleza: aquellos de mayor abundancia y estabilidad, que poseen unas propiedades coherentes con los procesos estructurales y funcionales para la preservación de la vida.

Atendiendo a su proporción constitutiva y a su abundancia en las biomoléculas, la figura 2 muestra la clasificación de los bioelementos.

FIGURA 2. Pilares atómicos de la estructura y la función celular.

Fuente: elaboración propia en BioRender.com.

ELEMENTOS PRIMARIOS

Son aquellos de mayor presencia y abundancia en todos los seres vivos; llamados como *ladrillos orgánicos* (tabla 1), ensamblados constituyen biomoléculas, carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, o pilares de la bioarquitectura celular. Son carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre

(S), cuyas siglas respectivas forman el vocablo común CHONPS [2, 4]. Están presentes en cantidades mayoritarias que oscilan entre 0,4% y 65%. Cuando los CHONPS establecen enlaces entre ellos, forman estructuras en espiral, lineales, anilladas y circulares a las que se les adhieren grupos químicos adicionales, llamados *grupos funcionales*.

TABLA 1. Bioelementos primarios: estructura y función

Bioelemento	Estructura y función	
<p>Carbono (C)</p> <p>Es el bioelemento más abundante en la Tierra, sustenta todas las formas de vida del planeta. Su cantidad no varía a lo largo del tiempo, solo se transforma mediante el flujo de energía entre las cadenas tróficas.</p> <p><i>Todos los seres vivos están sustentados en el patrón atómico carbono.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Es el esqueleto orgánico para la construcción de las biomoléculas: carbohidratos, lípidos, proteínas y ácido nucleicos. Su concentración en el cuerpo humano es de 18,68%. - Forma compuestos tridimensionales muy estables que son vitales para la estructura, metabolismo y fisiología celular.	<ul style="list-style-type: none"> - Dados sus cuatro electrones de valencia en su nivel externo, tiene la capacidad de formar enlaces covalentes con otros átomos y crear estructuras lineales, anilladas y ramificadas. - Los enlaces que establece el carbono pueden romperse con una mínima cantidad de energía, lo cual favorece la dinámica química, catabolismo y anabolismo, a nivel celular.
<p>Hidrógeno (H)</p> <p>Es el bioelemento que forma el mayor número de compuestos orgánicos en el cuerpo humano.</p> <p><i>Al principio, la vida en la Tierra fue posible por una atmósfera rica en hidrógeno. Luego apareció el oxígeno.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Construye enlaces covalentes (fuertes) y puentes de hidrógeno (débiles) para la formación de las biomoléculas. Su concentración en el cuerpo humano es de 9,65%. - Participa en las reacciones de neutralización ácido-base que regulan el pH y forma el 70% del H₂O en el organismo.	<ul style="list-style-type: none"> - Forma grupos funcionales con otros átomos: grupos hidroxilo (OH), amino (NH₂), carboxilo (COOH), metilo (CH₃), entre otros. Estos grupos le confieren la identidad a las biomoléculas. - El hidrógeno es el átomo modulador de las reacciones de óxido-reducción REDOX, en la respiración celular para la obtención de H₂O y ATP.
<p>Oxígeno (O)</p> <p>Es el bioelemento fundamental en el proceso de respiración aeróbica de un alto porcentaje de células.</p> <p><i>El oxígeno es una paradoja: nos da la vida, pero nos envejece.</i></p>	<p>Es el elemento primario que completa la triada base para la formación de las biomoléculas. Su concentración en el cuerpo humano es de 63,90%.</p> <p>En la respiración celular recibe los H₂, producto del sistema REDOX para formar toda la masa de H₂O con la cual se llevarán a cabo todas las funciones vitales.</p> <p>Es el motor de la transformación de la energía química de los alimentos a energía útil en forma de ATP.</p> <p>En contravía, el O₂ genera radicales libres responsables de oxidar las biomoléculas y acelerar el envejecimiento y la aparición de enfermedades.</p>	
<p>Nitrógeno (N)</p> <p>Es un bioelemento de gran jerarquía biológica en proteínas y ácidos nucleicos; ambas son biomoléculas gestoras y perpetuadoras de vida.</p> <p><i>El nitrógeno es el alfabeto de cuatro letras A-T y G-C que escriben el libro de la vida.</i></p>	<p>Unido al H, forma el grupo funcional NH₂, el cual confiere identidad a los aminoácidos que conforman las proteínas y las bases nitrogenadas que dan personalidad a la molécula de la vida o ADN, así como de la molécula de transferencia de energía o ATP.</p> <p>El N se encuentra en una concentración en el cuerpo humano de 4,07% para hacer parte de las moléculas ya mencionadas y de aquellas con funciones de neurotransmisión y vasodilatación.</p>
<p>Fósforo (P)</p> <p>Es el bioelemento portador de energía útil en forma de ATP y orquesta todos los procesos biológicos.</p> <p><i>El fósforo enciende la chispa de la vida e ilumina.</i></p>	<p>El P es la columna vertebral que sostiene la molécula de la vida o ADN, en tanto establece los enlaces fosfodiéster que la mantiene unida. Igualmente, forma los enlaces altamente energéticos del ATP.</p> <p>El P constituye la región polar o hidrofílica de los fosfolípidos de membrana. Su concentración en el cuerpo humano es de 0,82%, concentración suficiente para que en compañía del Ca⁺⁺ confieran estructura ósea y sean el vehículo para la asimilación de las vitaminas del complejo B.</p>	<p>Participa en las reacciones de neutralización ácido-base que modulan el pH, así como en las funciones fisiológicas del ciclo celular y sistema nervioso.</p>
<p>Azufre (S)</p> <p>Es el bioelemento esencial en la formación de enlaces disulfuro que participan en la estructura de las proteínas.</p> <p><i>El azufre es el puente que construye la 3D y el guardián mitocondrial que protege de radicales libres que intoxican la célula.</i></p>	<p>El S en la respiración celular es parte de la bioarquitectura de los complejos mitocondriales, quienes permiten el transporte en cascada de los electrones.</p>	<p>A una concentración de 0,44% en el cuerpo humano, participa en la movilidad de las vitaminas del complejo B y, en consecuencia, participa en el metabolismo de carbohidratos y lípidos.</p> <p>El S es el ladrillo de los aminoácidos cisteína y metionina.</p> <p>Participa activamente en la secreción biliar a nivel hepático.</p>

ELEMENTOS SECUNDARIOS

Son aquellos que poseen carga eléctrica, cationes (+) y aniones (–), para formar compuestos iónicos llamados *electrólitos*. Tienen estrecha relación con el agua, lo que facilita su rápida incorporación y eliminación. De esta manera, se modula el equilibrio hídrico, el pH y la función neuromuscular en el organismo. La tabla 2 expresa las funciones y los porcentajes en los que se encuentran los electrólitos [4].

VARIABLES Y OLIGOELEMENTOS

Son llamados *elementos traza*, presentes en los organismos en concentración igual o inferior al 0,01% del peso seco. En cuanto a su característica química, son del tipo metaloide, cualidad

que les permite unirse a la estructura de las biomoléculas y, en conjunto, llevar a cabo un amplio espectro de acciones metabólicas y fisiológicas indispensables para la vida [3].

Algunos oligoelementos son conocidos como esenciales, toda vez que están presentes en una concentración relativamente constante en los tejidos primordiales. En su función estructural, forman parte constitutiva de biomoléculas. En su acción funcional, son llamados *cofactores*, por cuanto forman parte íntegra de la estructura molecular de un enzima, enaltecendo su poder catalítico y participando en la red de complejas reacciones biocatalizadas. La figura 3 da cuenta del requerimiento de oligoelementos que orquestan la fisiología humana.

FIGURA 3. Oligoelementos y su función celular.

Fuente: elaboración propia en BioRender.com.

TABLA 2. Bioelementos secundarios y función

Bioelemento	Función	Porcentaje en el organismo
<i>Sodio (Na^+)</i>	<p>Es el catión fundamental en el balance hídrico, facilita la retención del agua en el cuerpo y se encuentra en una mayor proporción en el espacio extracelular.</p> <ul style="list-style-type: none"> Participa en la conducción del impulso nervioso y de la contracción de las fibras musculares a través del mecanismo bomba de Na^+/K^+. Acoplado a proteínas de membrana, participa en el transporte de glucosa, aminoácidos, iones Ca^{2+}, H^+, Cl^- y K^+. Interviene en las reacciones de neutralización ácido-base que favorecen el equilibrio del pH sanguíneo. Forma parte de la malla de cristales de hidroxiapatita de la matriz ósea. 	0,40
<i>Potasio (K^+)</i>	<p>En trabajo mancomunado con el Na^+, participa en el balance hídrico, facilita la liberación del agua en el cuerpo y se encuentra en una mayor proporción en el espacio intracelular. Asimismo, en la estimulación de los impulsos nerviosos y toda la actividad neuromuscular a través del mecanismo bomba de Na^+/K^+.</p> <ul style="list-style-type: none"> Acoplado al P, colabora con el transporte de oxígeno al cerebro; acoplado al Ca^{2+} y Na^+, promueve el estado de normalidad del ritmo cardíaco. Interviene en la regulación de glucosa en sangre, facilitando la conversión de esta a glucógeno. Promueve un medio ácido que permite mantener el calcio de la matriz ósea. Favorece el peristaltismo intestinal, favoreciendo las deposiciones diarias y la eliminación de líquidos. Interviene en las reacciones de neutralización ácido-base, que favorecen el equilibrio del pH en el fluido intersticial. 	1,00
<i>Calcio (Ca^{2++})</i>	<p>Es el catión que confiere estructura y rigidez ósea. Asimismo, es uno de los bioelementos con mayor función reguladora, que, al unirse a los enzimas, cataliza un sinnúmero de reacciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> Importante en la secreción de la hormona insulina desde las células β, mediante la exocitosis. Actúa como cofactor en la coagulación sanguínea, tanto en la fase de la agregación plaquetaria como en toda la cascada de reacciones que se llevan a cabo en el proceso. Juega un papel significativo en la liberación de neurotransmisores y la contracción muscular. Su vinculación con el fósforo es fundamental para la formación mineral de la matriz ósea. Favorece la absorción por difusión de la vitamina B12. Agente fundamental en el proceso de apoptosis celular. Participa en los movimientos de los cromosomas, previa división celular, de ahí su importancia en fenómenos de crecimiento y desarrollo. Regula la eficiencia y especificidad de la expresión génica. 	4,00
<i>Magnesio (Mg^{2++})</i>	<p>Es el catión que participa en la transmisión de los impulsos nerviosos, en la contracción y relajación de músculos, en el transporte de oxígeno a nivel tisular y activamente en el metabolismo energético.</p> <ul style="list-style-type: none"> Participa con el P en el metabolismo y la absorción del Ca para la formación ósea. Interviene en la replicación del ADN; como cofactor se acopla al ATP para la activación de enzimas, regula los niveles de glucosa en sangre y del c-LDL. Enaltece la circulación del Na^+ y K^+ a través de la membrana de las células cardíacas. Reduce los niveles de cortisol sérico, y actúa con la vitamina B6, favoreciendo la síntesis de neurotransmisores antiestrés. Interviene en las reacciones de neutralización ácido-base que favorecen el equilibrio del pH en el fluido intersticial. 	0,10
<i>Cloro (Cl^-)</i>	<p>Es el anión con funciones reguladoras de la presión osmótica que permite que los fluidos corporales ingresen y salgan a través de la membrana celular, y se encuentra en mayor concentración en el espacio extracelular.</p> <ul style="list-style-type: none"> Acompañado del Na^+ y K^+, regula el balance de electrolitos. Estimula la producción de ácido clorhídrico (HCl), fundamental para la digestión de los alimentos. Favorece el transporte del CO_2 en la sangre y la producción de jugos gástricos. Interviene en las reacciones de neutralización ácido-base que favorecen el equilibrio del pH en el fluido intersticial. 	0,40

Fuente: elaboración propia.

Grupos funcionales

Un grupo funcional es un átomo, principalmente de O, N, C y H, conectado mediante enlaces simples, dobles o triples. Los grupos funcionales permiten la caracterización y clasificación de las biomoléculas, les confieren estructura, estabilidad e identidad, y facilitan la adaptación de los seres vivos al campo gravitacional terrestre. Los grupos funcionales, por sus propiedades físico-químicas y su capacidad reactiva, son los que inician las reacciones químicas [3, 7].

La estructura de los seres vivos está basada en el bioelemento C, que ha mantenido una relación inquebrantable con el H: por un lado, por lo cercano de sus electronegatividades y, por otro, por la baja polaridad de los enlaces

covalentes C-H. Unidos, forman esqueletos o cadenas hidrocarbonadas que blindan la estabilidad de las biomoléculas [7].

Asimismo, una gran familia de biomoléculas posee en su haber grupos funcionales ricos en O y N. Del primero forman parte grupos alcoholes, ésteres, cetonas aldehídos y ácidos carboxílicos. Del segundo grupo son las aminas y amidas [7]. Los grupos funcionales (tabla 3) se encuentran en las biomoléculas en proporciones diferenciales; por ejemplo, los carbohidratos poseen aldehídos, cetonas e hidroxilo. Los ácidos nucleicos tienen en su haber grupos amino, fosfato, cetona, hidroxilo. Los lípidos y las proteínas poseen grupos éster, carboxilos, aminos, fosfato y metilo [2, 3, 5].

TABLA 3. Grupos funcionales en las biomoléculas

Grupo funciona	Función
Aldehído Cetona	<p>Aldehído y cetona</p> <p>Son grupos funcionales que tienen en su estructura al grupo carbonilo (C=O). Su presencia en las biomoléculas se expresa de forma mayoritaria en los carbohidratos. Es así que cuando el C=O se encuentra ubicado en la fracción terminal de la estructura de los azúcares o carbono primario, es un aldehído. Mas cuando se encuentra en la posición intermedia o un carbón secundario de los azúcares, es una cetona.</p> <p>También llamados <i>aldosas y cetosas</i>, que le otorgan identidad a los carbohidratos.</p>
Carboxilo	<p>Carboxilo</p> <p>A un átomo de C de este grupo funcional se une un grupo carbonilo (C=O) y un grupo hidroxilo (-OH). Es la columna vertebral de los ácidos orgánicos, por ser ácidos débiles que tienen la facilidad de donar el H del grupo -OH y reaccionar con bases orgánicas para producir sales.</p> <p>El grupo carboxilo, también llamado grupo ácido, forma parte íntegra de un buen número de biomoléculas, principalmente de los ácidos grasos y los aminoácidos.</p>
Hidroxilo	<p>Hidroxilo</p> <p>Es un grupo funcional polar o hidrofílico, compuesto de un átomo de oxígeno y un átomo de hidrógeno que se une a un hidrocarburo (R-OH).</p> <p>El grupo hidroxilo también es llamado <i>grupo alcohol</i>, de vital presencia en carbohidratos y en moléculas del metabolismo intermediario de estos, como es el glicerol.</p>

Grupo funciona	Función
<p>Fosfato</p>	<p>Fosfato</p> <p>El grupo fosfato en realidad es un grupo de átomos que forman una molécula, es decir, a un átomo central de fósforo se unen cuatro oxígenos (PO_4^{3-}). Solo recibe este nombre específico cuando está unido a una biomolécula.</p> <p>El grupo fosfato es limitante para la vida, toda vez que es el puente que une uno a uno los nucleótidos mediante enlaces fosodiéster para construir las moléculas de la información genética, ADN y ARN. Es el pilar estructural y funcional de la molécula energética o ATP y de los fosfolípidos, que construyen las membranas celulares y de algunos organelos.</p>
<p>Amino</p>	<p>Amino</p> <p>Es el grupo funcional derivado del amoniaco (NH_3) por eliminación de uno de sus átomos de hidrógeno ($-\text{NH}_2$). Forma parte de biomoléculas específicas en las que la cantidad de sustituyentes diferentes al hidrógeno que ocupe se clasifican en primarios (RNH_2), secundarios (R_2NH), terciarios (NR_3) y cuaternarios ($[\text{NR}_4]^+$).</p> <p>El grupo amino es conocido como el grupo de las amidas. Es otro grupo limitante para la vida, toda vez que forma parte íntegra de los aminoácidos o eslabones moleculares formadores de proteínas y de las bases nitrogenadas de los ácidos nucleicos. Ambas proteínas y ácidos nucleicos son conocidas como las biomoléculas informáticas.</p>
<p>Ester</p>	<p>Éster</p> <p>Son un grupo producto de la unión del grupo carboxilo de una biomolécula con el grupo hidroxilo de otra biomolécula. Tal unión forma agua como subproducto.</p> <p>El grupo éster es parte íntegra de lípidos.</p>

Fuente: elaboración propia en BioRender.com

Enlaces químicos

El nivel atómico es el sostén químico sobre el cual se construye la vida, pero los átomos no se encuentran de forma individual y aislada; por el contrario, están ensamblados unos con otros mediante fuerzas de atracción, siempre tratando de alcanzar un estado estable de menor energía. Actúan mediante conexiones débiles que construyen biomoléculas de función temporal o mediante conexiones fuertes para construir biomoléculas estructurales más duraderas que brindan soporte y sostén [2, 3, 8]. Así, los enlaces propios de conexión en los monosacáridos para formar disacáridos y polisacáridos son los *enlaces covalentes glucosídicos*, los responsables del ensamblaje de aminoácidos para

formar proteínas son los *enlaces covalentes peptídicos*, los *enlaces lipídicos del tipo éster* son propios para la formación de lípidos y los *enlaces fosodiéster* ensambladores de nucleótidos para la construcción de los ácidos nucleicos. Los enlaces químicos son una fuerza altamente ventajosa para garantizar la estructura y función celular y, por ende, la permanencia y perpetuación de la vida.

ENLACES INTRAMOLECULARES

Los enlaces intramoleculares promueven la sólida unión de los átomos de una misma molécula. A continuación, se señalan sus tipos.

Enlaces covalentes

La figura 4 da cuenta del C o átomo soporte de las biomoléculas. Dados sus cuatro electrones en la periferia, posee la versatilidad para compartir átomos consigo mismo y con átomos diferentes. De esta manera, se forman enlaces covalentes muy estables y de participación mayoritaria en los seres vivos para la formación de biomoléculas [3, 4, 6, 8]. Los más comunes son:

- *Enlaces covalentes simples*: se comparte un electrón con el átomo vecino.
- *Enlaces covalentes dobles*: se comparten dos electrones con el átomo vecino.
- *Enlaces covalentes triples*: se comparten tres electrones con el átomo vecino.

FIGURA 4. Enlaces covalentes.

Fuente: elaboración propia en BioRender.com.

Los bioelementos primarios orgánicos (C, H, O, N, P y S) tienen como característica primordial formar los enlaces covalentes. En lo particular, el C con su capacidad de formar enlaces covalentes fuertes, en términos de geometría espacial, forma los cuatro vértices de un tetraedro. Esta inigualable y singular propiedad le permite al C crear una extraordinaria diversidad de estructuras tridimensionales en cadenas, ramificadas y anillos que crean nuevas estructuras supramoleculares y, en conjunto, orquestan la compleja bioarquitectura de la célula y las funciones orgánicas.

Enlaces iónicos

En la figura 5 se muestran los enlaces iónicos, los cuales tienen lugar entre iones con cargas opuestas, es decir, algunos átomos poseen una capa electrónica externa que les permite alcanzar la estabilidad energética, perdiendo o ganado electrones, mediante la conocida ley del octeto. Así adquieren una personalidad de iones, bien sean cationes o cargados positivamente, bien sean aniones o cargados negativamente, que se encuentran en formas ionizadas o asociados formando sales [3, 4, 6, 8].

FIGURA 5. Enlaces iónicos.

Fuente: elaboración propia en BioRender.com.

Los bioelementos secundarios inorgánicos (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^-) son conocidos como iones con cargas eléctricas, presentes en sangre y en otros líquidos corporales. Ante tal rol fisiológico, los acontecimientos que ocurren, debido a sus características, corresponden a la contracción muscular, conducción nerviosa, equilibrio osmótico, contractilidad cardíaca, exocitosis, apoptosis, función renal equilibrio ácido-base, entre otros.

ENLACES INTERMOLECULARES

Muchas moléculas eléctricamente neutras o sin carga neta poseen una distribución de cargas no homogénea. La razón es que los átomos que las forman tienen diferente electronegatividad. Los enlaces intermoleculares —mejor conocidos como fuerzas de van der Waals— son enlaces débiles y promueven un ensamblaje temporal y frágil entre las biomoléculas covalentes. Uno de los enlaces mejor conocidos con propiedades y características van der Waals son los *puentes de hidrógeno* [3, 6, 8].

En los enlaces puentes de hidrógeno, la electronegatividad del H lo hace idóneo para formar puentes, siempre que coincida que él tenga una carga parcial positiva entre dos átomos pequeños muy electronegativos, es decir, que coexistan una atracción dipolo-dipolo [8].

En contraste con los enlaces covalentes, los puentes de hidrógeno (figura 6) solo poseen un tercio de la fuerza de los primeros. Los puentes de hidrógeno ocurren en la cercanía de biomoléculas polares con H y átomos demasiado electronegativos como N, O y F, es decir, dos electrones del enlace son atraídos con distinta fuerza por los átomos que los comparten [3, 6, 8].

La importancia biológica de los puentes de hidrógeno radica en que las biomoléculas que una adoptan complejas configuraciones espaciales tridimensionales, con lo que se logra una gran estabilidad. Por ejemplo, unen a las bases nitrogenadas del ADN y las estructuras secundarias, terciarias y cuaternarias de las proteínas [3, 6, 8].

FIGURA 6. Enlaces puentes de hidrógeno.

Fuente: elaboración propia en BioRender.com.

Conclusiones

- Al finalizar el presente módulo, *Pilares químicos de la vida*, el estudiante habrá construido conocimientos significativos sobre:
- Los elementos de la tabla periódica con función fisiológica en el cuerpo humano.
- La clasificación de los bioelementos: primarios, secundarios y oligoelementos, en relación con su abundancia en el cuerpo humano.
- La capacidad para formar grupos funcionales y enlaces con base en su polaridad para formar biomoléculas.

Lectura sugerida

EL ZINC EN EL TRATAMIENTO DE LA TALLA BAJA

El zinc es un oligoelemento esencial que interviene en los procesos biológicos de regeneración, crecimiento y estructuras cerebrales. Las funciones más importantes del zinc están relacionadas con los procesos del ADN y ARN, moléculas críticas para el crecimiento, la diferenciación y el metabolismo celular, principalmente en los primeros meses y años de vida, por cuanto es forjador de la formación cerebral. Este periodo biológico es crucial en el desarrollo del cerebro, toda vez que se forman gran parte de sus estructuras mentales y se adquieren habilidades cognitivas fundamentales, necesarias para la interacción con el medio y la adaptación a las etapas de la vida.

Desde la identificación del zinc en 1960, se han llevado a cabo un gran número de estudios que revelan cómo la suplementación con zinc en niños con deficiencia de este oligoelemento tiene efectos significativos en el crecimiento lineal de los infantes que lo reciben. De igual modo, su función se extiende también a la prevención de la morbilidad en casos de diarrea y enfermedad respiratoria aguda.

Varios autores revelan que las principales manifestaciones por deficiencia de zinc es el retardo en el crecimiento, que se demuestra con la valoración de indicadores antropométricos, donde se evidencia una estrecha relación con la carencia de este oligoelemento. Este problema, además de intervenir en la baja talla, incrementa los episodios de infecciones respiratorias agudas y enfermedad diarreica aguda, así como alteraciones en el desarrollo cognitivo y la memoria.

La deficiencia de zinc constituye un problema global que afecta la salud y el desarrollo cognitivo de los niños. Por eso, la Organización Mundial de la Salud (OMS) se ha enfocado en dos aspectos. Primero, en elevar la deficiencia de zinc a un problema de salud pública que afecta en mayor proporción a zonas rurales y comunidades pobres de los países de América Latina; deficiencia que demuestra elevados índices de desnutrición aguda, global y crónica o retardo en la talla, en niños menores de cinco años, y que se expresa en patologías humanas como el enanismo y la reducción en el desarrollo durante la infancia. Segundo, describiendo que una dosis de zinc de 10 miligramos administrada durante 24 semanas incrementa alrededor de 0,37 centímetros de altura en los niños que recibieron suplementos con zinc en comparación con aquellos que no los recibieron. Con la suplementación rica en zinc también se logra una reducción en la incidencia de diarreas e infecciones respiratorias agudas y se optimizan los mecanismos inmunológicos.

A pesar de los esfuerzos y los logros alcanzados en las dos últimas décadas para superar el hambre, la deficiencia de micronutrientes continúa siendo un grave problema de salud pública principalmente en los países en desarrollo. En lo particular, el zinc es un oligoelemento determinante en el crecimiento, el desarrollo y el óptimo funcionamiento cognitivo e inmunológico de los niños. De ahí que los sistemas de salud deberán seguir priorizando la suplementación con zinc, lo que puede salvar la vida de millones de niños. Asimismo, se deberá mantener la voluntad política para robustecer los programas de Atención Integrada de las Enfermedades Prevalentes de la Infancia (AIEPI), creadas por la OMS y Unicef y dirigidas a capacitación del personal de salud en:

- Promoción y prevención de las enfermedades prevalentes de la infancia.
- Prácticas sanitarias en nutrición.
- Aplicación correcta de los tratamientos prescritos en las familias y comunidades.

Con la puesta en marcha de estos programas se ha logrado —aunque muy poco— reducir la morbilidad, mortalidad y discapacidad en los

niños menores de cinco años que presentan diarrea e infección respiratoria aguda en los países en desarrollo.

Nota:

Adaptado de Romero Sacoto LS, Gonzales León FM, Abad Martínez NI, Ramírez Coronel AA, Guamán Gañay MI. El zinc en el tratamiento de la talla baja. Rev. Univ. Soc. 2020;12(2):341-349. <https://bit.ly/3AdQ5fb>

Aplicación de conceptos

TALLER

Es muy probable que en el desarrollo del taller encuentre conceptos desconocidos. Por eso, elabore, en primera instancia, un glosario de ellos y se dará cuenta de qué fácil es comprender las preguntas y darles una respuesta objetiva argumentativa que apoyará la construcción de un conocimiento significativo.

1. Elabore la clasificación de los elementos primarios, secundarios y oligoelementos y argumente la razón biológica por la cual cada uno ocupa esta categoría.
2. Las biomoléculas están conformadas por bioelementos. De los siguientes, argumente qué biomoléculas forman y cuál es su función en ellas:
 - a. Carbono (C)
 - b. Nitrógeno (N)
 - c. Fósforo (P)
 - d. Azufre (S)
 - e. Hidrógeno (H)
 - f. Oxígeno (O)
3. Los elementos secundarios se denominan iones o *electrólitos*. Argumente cuál es la función de los siguientes en relación con la célula:
 - a. Calcio (Ca^{2++})
 - b. Sodio (Na^+)
 - c. Potasio (K^+)
 - d. Cloro (Cl^-)
 - e. Magnesio (Mg^{2++})
4. Los oligoelementos, aunque en cantidades trazas en el organismo, cumplen una función vital. Argumente claramente la función de los siguientes:
 - a. Hierro (Fe)
 - b. Cobre (Cu)
 - c. Cromo (Cr)
 - d. Zinc (Zn)
 - e. Selenio (Se)
 - f. Yodo (I)
5. El carbono se denomina como el ladrillo constructor de la vida. Argumente:
 - a. ¿Cuál es la razón de ello?
 - b. El tipo de enlaces que puede llevar a cabo.
6. Argumente cuáles son los tipos de enlaces más comunes que forman las biomoléculas.
7. El cloruro de sodio (NaCl) y el cloruro de potasio (KCl) cumplen una función vital en el equilibrio hídrico del cuerpo. Argumente qué tipo de enlaces los forman y cómo es su distribución en la célula.

SEGUIMIENTO Y ARGUMENTACIÓN

Una vez terminado el módulo *Pilares químicos de la vida*, se realizará una actividad de aprendizaje en el marco de la clase que consiste en:

- Responder de forma escrita un cuestionario de 20 preguntas en el aula virtual.
- Seleccionar del cuestionario una pregunta al azar y argumentar su respuesta en un lapso de tres minutos.

Referencias

- [1] Pla-García J, Menor-Salvan C. La composición química de la atmósfera primitiva del planeta tierra. *An. Quim.* 2017;113(1):16-26. <https://bit.ly/3l6qOzh>
- [2] Mohar-Hernández F. El origen de la vida. *Rev. Cienc. Univ.* 2021;10(2):1-20. <https://bit.ly/3mgD0Nq>
- [3] Ramírez-Ortega A, Cámara-Hurtada MM. Los oligoelementos en la naturaleza. *Anales ARADE.* 2012;16(1):155-159. <https://bit.ly/2YgYfa4>
- [4] Lodish H, Berk A, Matsudaira P, Kaiser C, Krieger M, Scott M, Zipursky S, Darnell J. *Biología celular y molecular.* 5.ª ed.. Buenos Aires: Editorial Panamericana; 2012. <https://bit.ly/3l6506W>
- [5] Cervantes de la Cruz K, Mejía-Luna I. La histidina como un posible precursor en el origen de la vida. *Rev. Cienc. Vida.* 2017;26(2):6-14. <https://bit.ly/2WCUQBm>
- [6] García-Zerecero G. Enlace químico, orbital molecular y ontología. *Script. Philos. Natur.* 2018;14:93-109. <https://bit.ly/2Yjz460>
- [7] González-Díaz J, Serna-Díaz M, Monroy-Flores Y. Grupos funcionales de compuestos orgánicos. *UNO Sapientis*, 2019;1:2. <https://bit.ly/3mqKH3y>
- [8] Alzate-Cano M, Moreno-Ariza L, Pérez-Zapata C, Restrepo-Meneses C, Echeverri-Cárdenas A, Ospina-Guarrín B. *Química II.* Medellín: Universidad de Antioquia; 2017. <https://bit.ly/3l3UxZL>

Videos recomendados

Es la tierra un planeta único - Parte 1 [video de internet]. Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=CwTXGTMu4sI>

Es la tierra un planeta único - Parte 2 [video de internet]. Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=3Ef674kvoCA&t=1573s>

National Geographic. Nuestra huella ecológica sobre la tierra [video de internet]. Youtube. 9 de septiembre de 2005. <https://www.youtube.com/watch?v=cOxELSrQuqU>

ViSci. Todo sobre los bioelementos [video de internet]. Youtube. 24 de abril de 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=xD9mVhaF-vY>

Biomoléculas y bioelementos (resumido) [video de internet]. Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=pwskBTZBz4M>

Las biomoléculas - glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos [video de internet]. Youtube. 9 de septiembre de 2016. <https://www.youtube.com/watch?v=p0k0T2epEd8>

Kurzgesagt. Are You Alone? (In The Universe) [video de internet]. Youtube. 2 de junio de 2014.
<https://www.youtube.com/watch?v=PKMQzkliB0Y>

Notas de clase