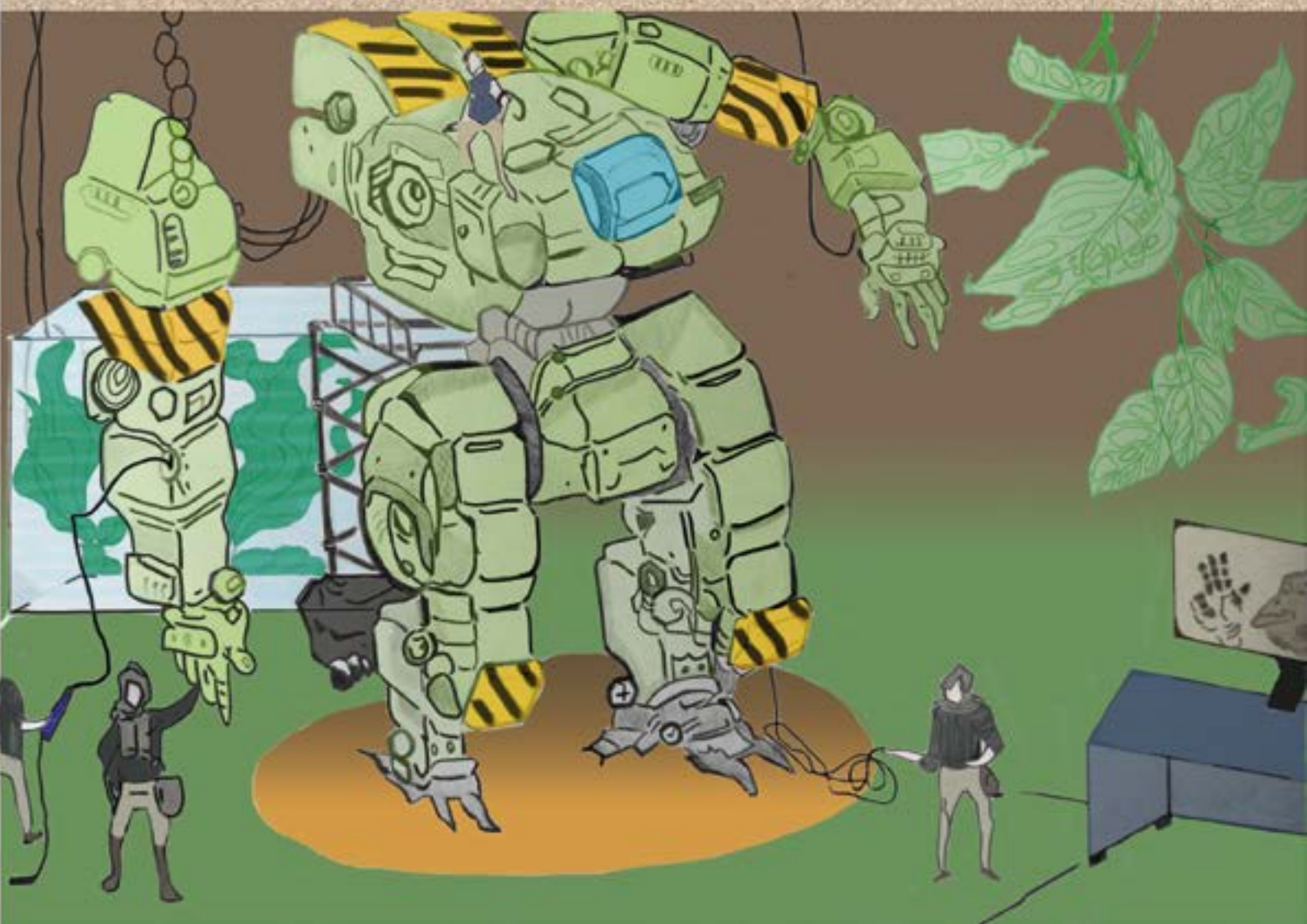


Biología para Ingenieros

Editor. Oscar Rafael Tinoco Gómez



Biología para Ingenieros

Oscar Rafael Tinoco Gómez
Nora Rosa Malca Casavilca
Pedro Pablo Rosales López
Olivio Nino Castro Mandujano
Luis Benavides Luksic
Francisco Javier Wong Cabanillas
Ysabel Zevallos Paravé

EDITOR. OSCAR RAFAEL TINOCO GÓMEZ

Biología para Ingenieros

Autores:

© Oscar Rafael Tinoco Gómez
© Nora Rosa Malca Casavilca
© Pedro Pablo Rosales López
© Olivio Nino Castro Mandujano
© Luis Benavides Luksic
© Francisco Javier Wong Cabanillas
© Ysabel Zevallos Paravé

Editado por :

© Oscar Rafael Tinoco Gómez
Calle El Abutilon 3881, Urb. Las Palmeras - Los Olivos
otinocog@unmsm.edu.pe

Diagramación de texto, maquetación y diseño:

© Carlos Alberto Vega Vidal

Hecho el depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2025-03173

Primera edición digital, abril 2025

ISBN: 978-612-03-0772-4

Libro electrónico disponible en: [http:// librosctscafe.ctscafe.pe/](http://librosctscafe.ctscafe.pe/)

Capítulo III: Biomoléculas

Olivio Nino Castro Mandujano

Introducción

Los seres vivos están formados por miles de moléculas diferentes, inorgánicas y orgánicas. El agua, una molécula inorgánica, supone entre el 50 y el 95% del peso de una célula, y los iones como el sodio (Na^+), potasio (K^+), magnesio (Mg^{2+}) y calcio (Ca^{2+}) pueden representar otro 1%. Casi todas las demás clases de moléculas de los seres vivos son orgánicas. Las moléculas orgánicas están formadas principalmente por seis elementos: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre y contienen cantidades mínimas (traza) de determinados elementos metálicos y no metálicos. Los átomos de los elementos más comunes en los seres vivos pueden formar con facilidad enlaces covalentes estables, el tipo de enlace que permite la construcción de moléculas tan importantes como las proteínas.

Tabla N°1: Grupos funcionales importantes para la biología

Nombre de la familia	Estructura del grupo	Nombre del grupo	Significado
Alcohol	$\text{R}-\text{OH}$	Hidroxilo	Polar (y por lo tanto hidrosoluble), forma puentes de hidrógeno.
Aldehído	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	Carbonilo	Polar, se encuentra en algunos azúcares.
Cetona	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{R}' \end{array}$	Carbonilo	Polar, se encuentra en algunos azúcares.
Ácido carboxílico	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	Carboxilo	Débilmente ácido, porta una carga negativa cuando dona un protón.
Amina	$\text{R}-\text{NH}_2$	Amino	Débilmente básico, porta una carga positiva cuando acepta un protón.
Amida	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$	Amido	Polar, pero no tiene carga.
Tiol	$\text{R}-\text{SH}$	Sulfhidrilo	Fácilmente oxidable, puede formar enlaces disulfuro.
Éster	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{O}-\text{R}' \end{array}$	Éster	Se encuentra en determinadas moléculas lipídicas.

Fuente: Elaboración propia

La gran diversidad y complejidad estructural de las moléculas orgánicas se debe a la capacidad de los átomos de carbono para formar cuatro enlaces covalentes simples, bien entre átomos de carbono o bien con otros elementos. Las moléculas orgánicas con muchos átomos de carbono pueden adquirir formas complicadas, como estructuras lineales alargadas o cadenas ramificadas y anillos.

Por otro lado, tenemos a los bioelementos, estos son 10 elementos más abundantes en el organismo humano, en porcentaje del peso corporal y que comúnmente entran y forman parte de la dieta y de la materia viva ingresan a los organismos como sales y en cuanto éstas se disuelven en los líquidos del organismo, los minerales se ionizan y pueden ser considerados como iones o macroelementos son: (O, C, H, N, Ca, P, K, S, Cl y Na)

1. Oxígeno 62 %,	6. Fósforo 0.96 %,
2. Carbono 19 %,	7. Potasio 0.38 %,
3. Hidrógeno 11 %,	8. Azufre 0.31 %,
4. Nitrógeno 3 %,	9. Cloro 0.15 %
5. Calcio 1.5 %,	10. Sodio 0.15 %.

Fuente: Elaboración propia

Los 10 bioelementos restantes, llamados microelementos representan solo el 1.6 % del peso corporal y son: (Co, Cu, Cr, Fe, F, I, Mg, Mn, Mo, Zn) más otros que raramente se encuentran.

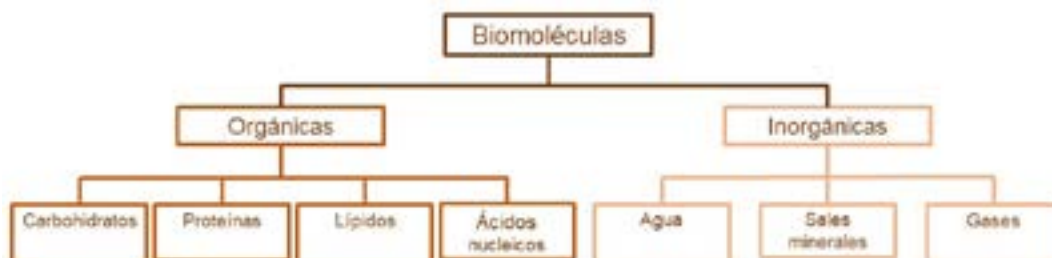
Funciones generales de los bioelementos, Los bioelementos carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, que en conjunto aportan el 95 % del peso del organismo humano, cumplen sus funciones principales formando parte de la mayoría de las biomoléculas orgánicas, es decir las proteínas, los carbohidratos, los lípidos y los ácidos nucleicos; así como de sus monómeros, los aminoácidos, monosacáridos, ácidos grasos y nucleótidos y de sus intermediarios metabólicos.

Biomoléculas y su clasificación

Se llaman biomoléculas a todas las moléculas que intervienen en la estructura y funcionamiento del organismo vivo, lo mismo sean grandes moléculas poliméricas (macromoléculas) como los polisacáridos, los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos o sus monómeros: monosacáridos, ácidos grasos, aminoácidos y nucleótidos, así como sus intermediarios metabólicos. Esto significa centenares de moléculas distintas: pero, desde un punto de vista práctico las biomoléculas, se agrupan en siete categorías que al mismo tiempo son los componentes importantes de la dieta: carbohidratos, proteínas, lípidos, agua, iones (minerales: que entran a formar parte de la dieta y de la materia viva ingresan a los organismos como sales y en cuanto estas se disuelven en los líquidos del organismo, los minerales se ionizan y pueden ser considerados como iones.), vitaminas y ácidos nucleicos.

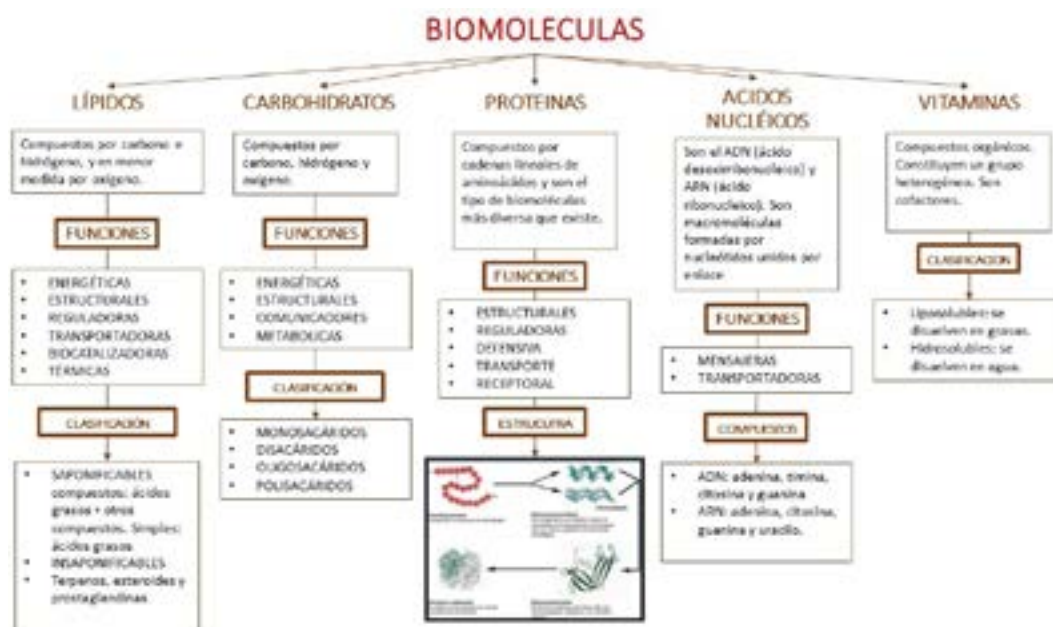
Los conceptos más relevantes, los podemos llamar los elementos de la biología son: Biomoléculas, Transporte, Liberación de energía, Biosíntesis e Información

Figura N°1: Clasificación de las biomoléculas



Fuente: Elaboración propia

Figura N°2: Diagrama de la Clasificación de las biomoléculas y ejemplos



Fuente: Elaboración propia

Carbohidratos

Los carbohidratos son moléculas formadas por carbono, hidrógeno y oxígeno (C, H, O) e incluyen algunas de las moléculas más relevantes en la vida de los organismos, como son la glucosa, que es universalmente utilizada por las células para la obtención de energía metabólica, el glucógeno contenido en el hígado y el músculo, que forma la reserva de energía más fácilmente asequible para las células del organismo y la ribosa y desoxirribosa que forman parte de la estructura química de los ácidos nucleicos.

Por otra parte, los carbohidratos son moléculas importantes en la biósfera, en donde la celulosa, que forma la porción principal de la estructura de las plantas, es la molécula orgánica más abundante del planeta y la encontramos en nuestra vida diaria bajo la forma de madera o las fibras de algodón, acetato y rayón de nuestras ropas; así también el azúcar de mesa, la sacarosa, es un disacárido con el que endulzamos nuestros alimentos y se produce anualmente en cantidad de millones de toneladas.

Figura N°3: Clasificación de los carbohidratos



Fuente: Elaboración propia

Desde el punto de vista químico, los carbohidratos son polihidroxialdehídos o cetonas y sus polímeros y existen en tres categorías principales distinguibles por el número de unidades de azúcar que los forman: monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos. Los polisacáridos liberan en la hidrólisis centenares o millares de monosacáridos; mientras que los oligosacáridos producen de 2 a 10 monosacáridos y los monosacáridos mismos son las unidades mínimas de los carbohidratos que ya no se pueden hidrolizar. Se les llama carbohidratos debido a que su estructura química semeja formas hidratadas del carbono y se representan con la fórmula $C_n (H_2O)_n$.

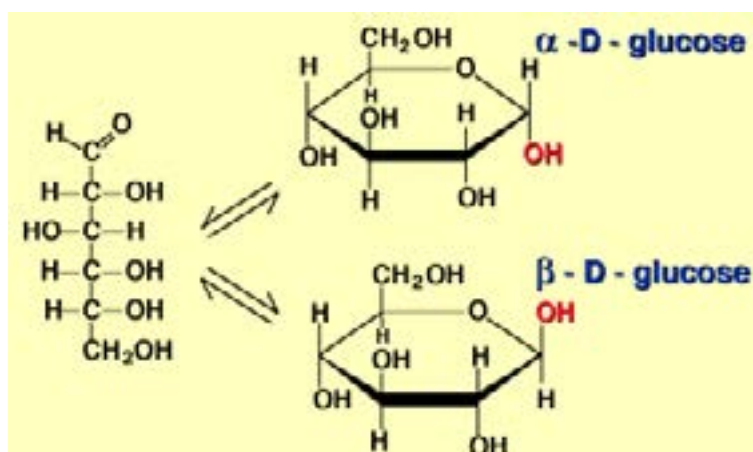
Los carbohidratos tienen diversas funciones en el organismo pero se destacan: su papel como combustible metabólico (1 g de carbohidrato produce 4 Kilocalorías); como precursores en la biosíntesis de ácidos grasos y algunos aminoácidos y; como constituyentes de moléculas complejas importantes: glucolípidos, glucoproteínas, nucleótidos y ácidos nucleicos.

Clasificación de carbohidratos

Monosacáridos

Son sustancias cristalinas, solubles en agua, y generalmente de sabor dulce. Constituidos tan solo por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno. Su nomenclatura hace referencia a la cantidad de carbonos de su cadena principal y su función. Podríamos clasificarlos en:

Figura N°4: Diagrama de la glucosa en cadena abierta y cíclica alfa y beta.



Fuente: Elaboración propia

Simples: grupo de monosacáridos que a su vez, según la cantidad de carbonos de su cadena principal pueden agruparse en dos familias de monosacáridos: las aldosas y las cetosas. Las aldosas y cetosas más abundantes en la naturaleza tienen entre 3 y seis átomos de carbono. Normalmente, las cetosas se denominan insertando la sílaba ul en el nombre de la aldosa correspondiente.

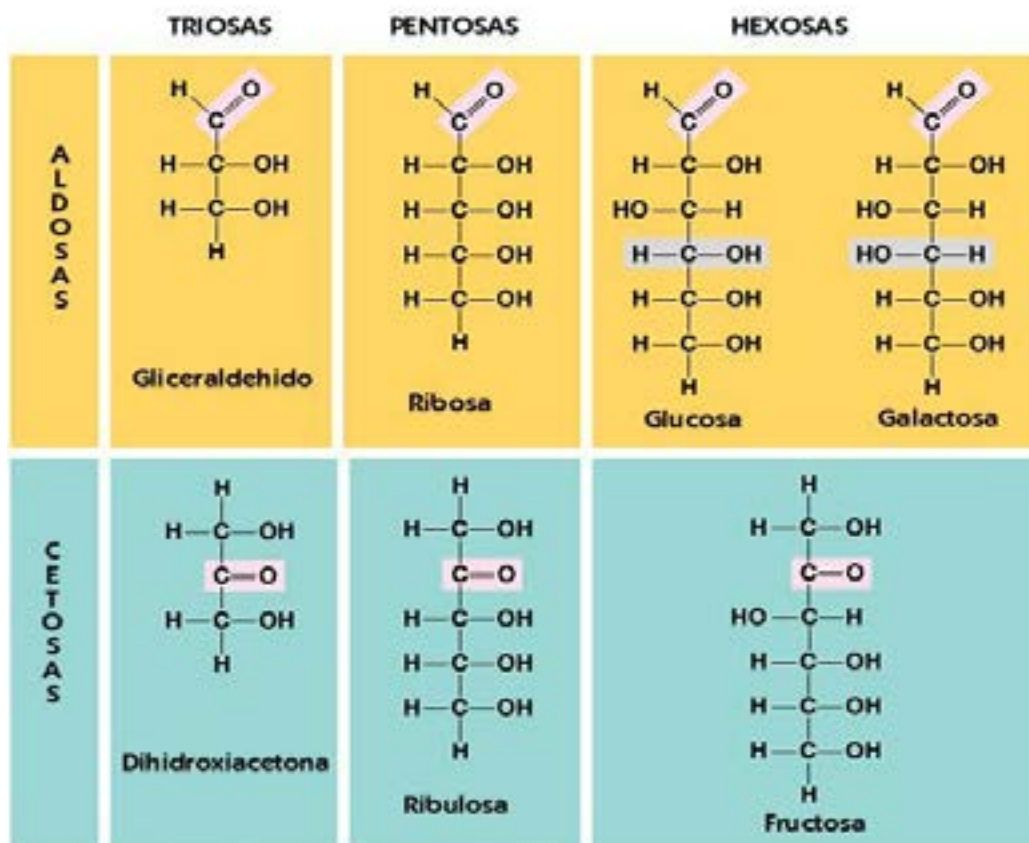
Ejemplo: Los monosacáridos con 5 o más átomos de carbono en su esqueleto aparecen en disolución como estructuras cíclicas ya que se forma un enlace covalente entre el átomo de oxígeno de uno de los grupos hidroxilo y el átomo de carbono del carbonilo.

Los monosacáridos cíclicos cuyos anillos tienen 5 miembros se conocen como furanosas, y los de 6 miembros, piranosas.

El enlace covalente intramolecular entre un hidroxilo y el carbonilo forma un hemiacetal en las aldosas, y un hemicetal en las cetosas.

Las formas isoméricas de los monosacáridos que difieren entre sí solamente en la configuración alrededor del átomo de carbono hemiacetalítico o hemicetalítico se denominan anómeros.

Figura N°5: Clasificación de los monosacáridos



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°2: Características y clasificación de los oligosacáridos

Características de los oligosacáridos	Clasificación de los oligosacáridos
Conjunto de 2 a 10 osas	Disacáridos
Sabor dulce	Trisacáridos
Son solubles	Otros oligosacáridos
Son cristalizables	

Fuente: Elaboración propia

El grupo carbonilo de las aldosas puede oxidarse, lo que significa que las aldosas son agentes reductores (azúcares reductores). La sacarosa y la trehalosa no son azúcares reductores porque no tienen el grupo aldehído libre.

Derivados; en los cuales una función química del monosacárido simple ha sido sustituida; por ejemplo: aminoazúcares, en ellos un grupo $-\text{OH}$ ha sido sustituido por un grupo $-\text{NH}_2$ caso de la glucosamina, también están los ácido-azúcares entre los que se destacan los de 6 carbonos que forman parte de la vitamina C o ácido ascórbico.

Oligosacáridos

Formados por la unión de unos pocos monosacáridos (entre 2 y 10) de 6 carbonos, hexosas, asociados a través de un enlace glucosídico. De los oligosacáridos importantes en bioquímica, los más relevantes son los disacáridos, conformados como su nombre genérico lo indica por dos monosacáridos, y entre éstos se hallan: maltosa, sacarosa, lactosa y celobiosa, que pueden diferenciarse atendiendo al tipo de los monosacáridos que los forman y el enlace glucosídico que los une.

Polisacáridos

Cuando gran cantidad de moléculas de hexosas se unen a través de enlaces glucosídicos se forman grandes moléculas, constituidas por numerosas subunidades (monómeros), que se denominan polímeros. Los polímeros formados por muchos monosacáridos se denominan polisacáridos. Dentro de las funciones de estas maximoléculas se encuentra la de almacenar energía tal es el caso del glucógeno y el almidón. Otros no constituyen una fuente de energía pero son importantes componentes estructurales tal es el caso de la celulosa, quitina y mureína. Entre las características que presentan estos macro compuestos podemos mencionar que no son cristalinos, son insolubles en agua y no poseen sabor dulce.

Figura N°6: Clasificación de los polisacáridos



Fuente: Elaboración propia

Actividad:

Elabore un organizador visual sobre la clasificación de los carbohidratos en base al número de átomos de carbono:

Puede utilizar <https://www.goconqr.com/es>

Actividad:

Complete la tabla con ejemplos de carbohidratos utilizados en la industria:

Carbohidrato	Tipo (monosacárido, disacárido, oligosacárido, polisacárido)	Aplicaciones industriales

Lípidos

Los lípidos son un grupo heterogéneo de sustancias orgánicas que tienen en común el ser moléculas no polares, insolubles en el agua, solubles en los solventes orgánicos, estar formadas de Carbono, Hidrógeno, Oxígeno y en ocasiones Fósforo, Nitrógeno y Azufre y que son ésteres reales o potenciales de los ácidos grasos. En la práctica, se incluyen dentro de los lípidos a las sustancias solubles en los solventes orgánicos que salen junto con los lípidos al extraerlos de los tejidos y que reciben el nombre de lípidos asociados.

Los lípidos son biomoléculas orgánicas de distribución prácticamente universal en los seres vivos y que desempeñan en ellos numerosas funciones biológicas, como son:

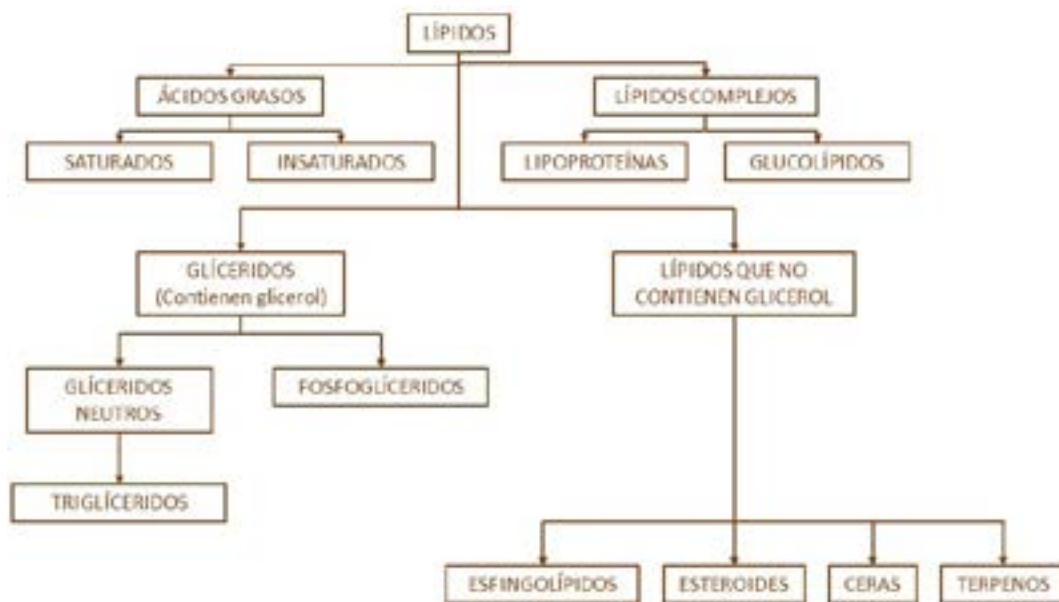
- Los lípidos constituyen el material fundamental de todas las membranas celulares y subcelulares, en las que aportan la bicapa de fosfolípidos, arreglados con las cabezas polares hacia fuera y las colas no polares hacia dentro.
- Los lípidos forman la mayor reserva de energía de los organismos, que en el caso del organismo humano normal, son suficientes para mantener el gasto energético diario durante la inanición por un período cercano a los 50 días.
- Las grasas funcionan como aislante térmico muy efectivo para proteger a los organismos del frío ambiental, por lo que los animales de las zonas frías del planeta se protegen con una gruesa capa de grasa bajo la piel y también las grasas sirven de un amortiguador mecánico efectivo, que protege los órganos internos como el corazón y el riñón.
- Los lípidos funcionan como hormonas de gran relevancia para la fisiología humana, por ejemplo las hormonas esteroideas, las prostaglandinas y segundos mensajeros hormonales, como el inositol-trifosfato y también como las vitaminas liposolubles A, D, E y K que forman parte de los lípidos asociados.
- Los lípidos tienen una función nutricional importante y figuran en la dieta tipo aportando alrededor del 30 % de las kilocalorías de la dieta y como fuente de los ácidos grasos indispensables: linoleico, linolénico y araquidónico.

Clasificación de Lípidos

Lípidos Simples

a) Ácidos grasos. Son ácidos monocarboxílicos de cadena lineal $R-COOH$, donde R es una cadena alquilo formada sólo por átomos de carbono e hidrógeno. Existen más de 20 ácidos grasos diferentes. La longitud de la cadena de carbonos varía entre 4 y 24 aunque los más comunes contienen 16 o 18 átomos de carbono. Además de la longitud, la cadena carbonos puede ser saturada o insaturada, es decir, que tiene generalmente de uno a cuatro dobles enlaces carbono-carbono. La insaturación de los ácidos grasos repercute en las propiedades físicas de la grasa pues los ácidos grasos insaturados tienen puntos de fusión más bajos que los saturados correspondientes. Las grasas que tienen en su mayoría ácidos grasos saturados son sólidas o semisólidas a temperatura ambiente: sebo de res o de cordero, manteca de cerdo, la mantequilla o la margarina; en cambio los aceites que son líquidos a temperatura ambiente están formados en su mayor parte por ácidos grasos con una o varias insaturaciones (poliinsaturados).

Figura N°7: Clasificación de los lípidos



Fuente: Elaboración propia

Debido a su mecanismo de síntesis, los ácidos grasos naturales tienen un número par de carbonos sin que esto quiera decir que no los haya de números impares, ramificados y sustituidos con grupos funcionales.

Los ácidos grasos más abundantes en la naturaleza son el ácido oleico (~30 % del total de ácidos grasos) y el palmítico que representa por lo general de 10 a 50 % del total de ácidos grasos. Otros ejemplos de ácidos grasos saturados son: láurico, butírico, esteárico, etc., entre los insaturados tenemos: linolénico, araquidónico.

Nomenclatura

Nomenclatura sistemática. Los ácidos grasos se denominan de acuerdo al hidrocarburo del que provienen más el sufijo “oico”. El ácido graso de 16 carbonos se llama hexadecanoico, se llama más a menudo palmítico porque se obtiene del aceite de palma.

La representación más práctica de los ácidos grasos señala el número de carbonos de la cadena seguido de dos puntos y del número de dobles enlaces, por ejemplo: ácido palmítico 16:0 y el ácido oleico 18:1.

En algunos casos se menciona con la letra delta la posición de los dobles enlaces empezando por el carbono del carboxilo, el ácido oleico sería 18:1 delta 9. Si empezamos por el carbono terminal, el mismo ácido sería 18:1 delta 9; el ácido linoleico sería 18:2 delta 9,12 y 18:2 delta 6.

Figura N°8: Clasificación de los ácidos grasos



Fuente: Elaboración propia

b) Acilglicerol. Son ésteres formados entre un glicerol y uno, dos o tres ácidos grasos recibiendo el nombre de monoglicéridos, diglicéridos, y triglicéridos respectivamente, también son llamados grasas neutras. Los triglicéridos son los lípidos más abundantes en los organismos vivos y están formados por el alcohol glicerol esterificado con tres ácidos grasos. Las moléculas de triacilglicerol en las grasas naturales son muy variadas pues cada uno de los tres ácidos grasos puede ser alguno de los cerca de 10 ácidos grasos más frecuentes, lo cual hace posible las características observadas en la grasa de las distintas especies, por ejemplo: el sebo, la manteca, la mantequilla y los aceites. Las principales funciones de los triacilglicerol es la de constituir la reserva más grande de energía en el organismo humano y la única que permite la sobrevivencia durante el ayuno prolongado y la función nutricional pues las grasas figuran en la dieta diaria aportando alrededor del 30% de las kilocalorías necesarias para el mantenimiento del organismo; cada gramo de grasa aporta 9 Kcal. Las grasas corporales funcionan también como amortiguador mecánico para proteger a los tejidos, por ejemplo: la grasa que rodea a los riñones, el corazón y el intestino. La grasa subcutánea también al cuerpo de los agentes mecánicos externos y además funciona como un aislante térmico que protege a los organismos de las bajas temperaturas.

Tabla N°3: Clasificación de las ceras

Ceras Naturales	Ceras Sintéticas	Aditivos
MINERALES Parafina Ozoquerita Microcristalina Montana	de Polietileno	Ac. Esteárico Triestearato de Glicerol
VEGETALES Carnauba Candelilla Uricuri	de Polioxietilenglicol	Aceites Trementina Colorantes
de INSECTOS Cera de Abeja	Ceras Hidrogenadas	Resinas naturales Copal Sandaraca Damar
de ANIMALES Espermaceti	De Hidrocarburos hidrogenados	Gomas Goma Laca G. Arábica
		Resinas Sintéticas Polietileno Poliestireno
		Grasas

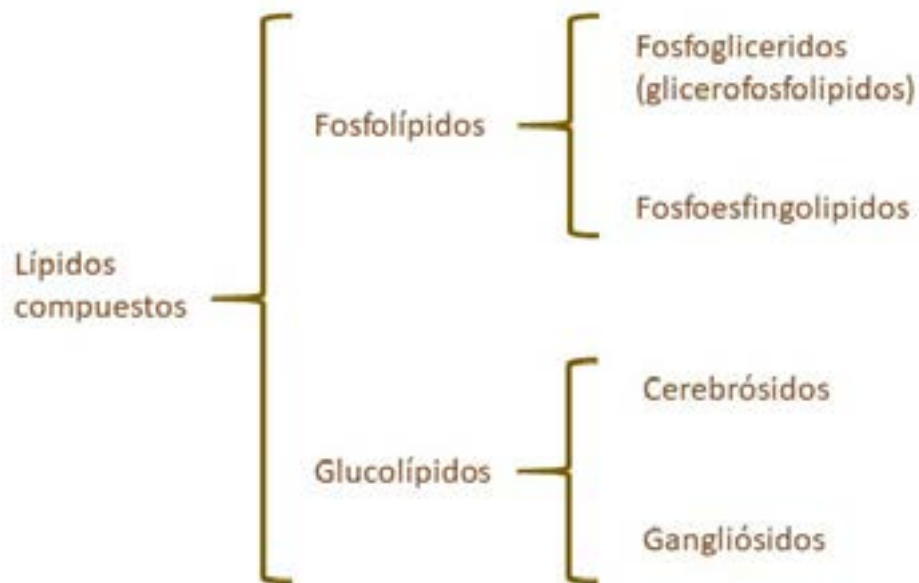
Fuente: Elaboración propia

c) Ceras.- Presentes en los vegetales y en los animales marinos, las ceras también se encuentran en los mamíferos como sustancias de protección y en funciones especiales. Las ceras están formadas por un ácido graso de cadena larga, esterificado con un alcohol, también de cadena larga. A diferencia de las grasas no son asimilables por el organismo humano. Las más conocidas son la cera de abeja, con funciones estructurales, la cera de ovejas o lanolina, con funciones protectoras ya sea por ser lubricantes o impermeabilizantes. Son sólidos y duros a temperatura ambiente.

Lípidos compuestos

Glicerofosfolípidos: Son un grupo numeroso de lípidos compuestos, importantes en la estructura de las membranas y derivados del ácido fosfatídico, que tienen como alcohol al glicerol y que incluyen dos ácidos grasos. En algunos casos pueden estar integrados por un compuesto nitrogenado por ejemplo las lecitinas o las cefalinas

Esfingolípidos: son un grupo de lípidos compuestos derivados del alcohol aminado esfingosina. La unidad fundamental de los esfingolípidos está formada por una esfingosina unida en enlace amida con un ácido graso de cadena larga para formar la ceramida, a la cual se une algún grupo polar que sirve de cabeza.

Figura N°9: Clasificación de lípidos compuestos

Fuente: Elaboración propia

Glucolípidos: incluye a los cerebrósidos y gangliósidos; son lípidos complejos, especializados y abundantes en el tejido nervioso. Están formados por una ceramida en enlace glucosídico con el monosacárido galactosa, menos frecuentemente la glucosa o algún oligosacárido (gangliósidos).

Lipoproteínas: son solubles en agua, por lo que muchas cumplen la función de ser transportadoras de sustancias no polares en el plasma

Lípidos asociados

Los lípidos simples y los compuestos comparten entre sí una de las propiedades más generales de los lípidos, que es la de ser todos ellos ésteres de los ácidos grasos; mientras que los lípidos asociados pueden o no, estar esterificados y se incluyen dentro de la categoría de los lípidos por su naturaleza no polar que los hace solubles en los solventes orgánicos y por salir junto con los lípidos cuando estos se extraen de los tejidos. Según su estructura química, los lípidos asociados pueden dividirse en tres series: terpenoides, eicosanoides y esteroides.

Figura N°10: Clasificación de los lípidos asociados o insaponificables

LÍPIDOS INSAPONIFICABLES

Tres familias o grupos:

1. Derivados del isopreno: TERPENOS o ISOPRENOIDES
2. Derivados del esterano: ESTEROIDES
3. Derivados del prostanoato o ácido prostanoico: EICOSANOIDES o sustancias relacionadas con las PROSTAGLANDINAS



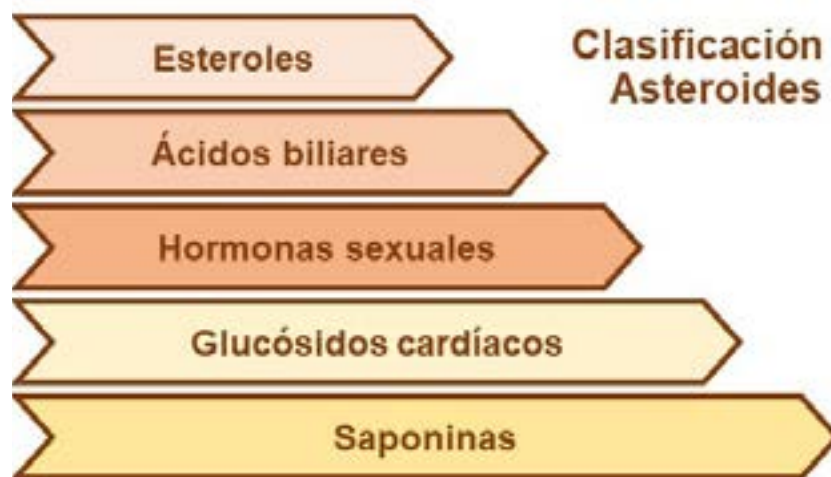
Fuente: Elaboración propia

Terpenoides.- La palabra terpenoide se refiere a una clase muy variada de compuestos similares a los terpenos, una estructura que deriva de la unidad de 5 carbonos llamada isopreno (2-metil-1,3-butadieno) y que tiene un contenido mínimo de 10 átomos de carbono o los más grandes pueden llegar a tener cientos de ellos. Los terpenos pueden clasificarse en:

1. Derivados lineales: caso del fitol, que integra a la clorofila y el escualeno que es precursor metabólico del colesterol.
2. Derivados cíclicos: como el mentol, alcanfor y limoneno que integran el grupo de aceites esenciales.
3. Derivados mixtos: el ejemplo más conocido es el de la vitamina A y sus precursores, etc.

Esteroides.-Los esteroides son lípidos de la más alta importancia en la fisiología humana y su estructura química deriva del núcleo del ciclopentanoperhidrofenantreno: el colesterol, molécula de 27 carbonos, compuesto original que da lugar a la formación de los diferentes esteroides, los cuales en número de varias decenas intervienen en las funciones del organismo humano, la mayoría de ellos como hormonas; pero también en función de vitaminas y de agentes tensoactivos.

Figura N°11: Clasificación de los esteroides

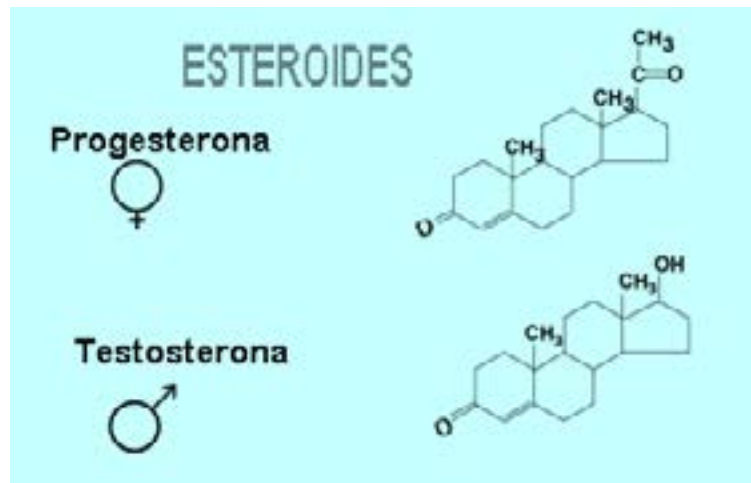


Fuente: Elaboración propia

Además de ser el precursor de todos los esteroides, el colesterol mismo tiene funciones importantes en el organismo, entre ellas la de formar parte de las membranas y la de participar en la cubierta monocapa de las lipoproteínas.

Desde el punto de vista de su estructura química, los esteroides se pueden dividir en cuatro categorías según el número de carbonos insertos en la cadena lateral del C-17:

- 8 carbonos: Esteroles, por ejemplo el colesterol y la vitamina D, además de otros esteroides vegetales como el sitosterol y el estigmasterol.
- 5 carbonos: Ácidos biliares y sus sales, por ejemplo, los ácidos cólicos, glicocólico, taurocólico, desoxicólico y litocólico.
- 2 carbonos: Progesterona y esteroides de las suprarrenales, glucocorticoides como la cortisona y el cortisol y mineralocorticoides como la desoxicorticosterona (DOCA) y la aldosterona.
- 0 carbonos: Hormonas sexuales masculinas y femeninas, testosterona y estradiol. Hormonas corticoadrenales: mineralocorticoides y glucocorticoides.

Figura N°12: Esteroides sexuales

Fuente: Elaboración propia

Eicosanoides.- Un grupo de moléculas de naturaleza lipídica, es conocido como los eicosanoides porque son derivados del ácido graso araquidónico de 20 carbonos y 4 dobles enlaces (20:4). Los eicosanoides se distinguen entre sí con letras mayúsculas y subíndices numéricos. Los eicosanoides tienen la capacidad de actuar como hormonas locales, es decir, se fabrican en una célula y actúan en ella o en sus cercanías, sin necesidad de ser acarreadas por la sangre a órganos y tejidos distantes.

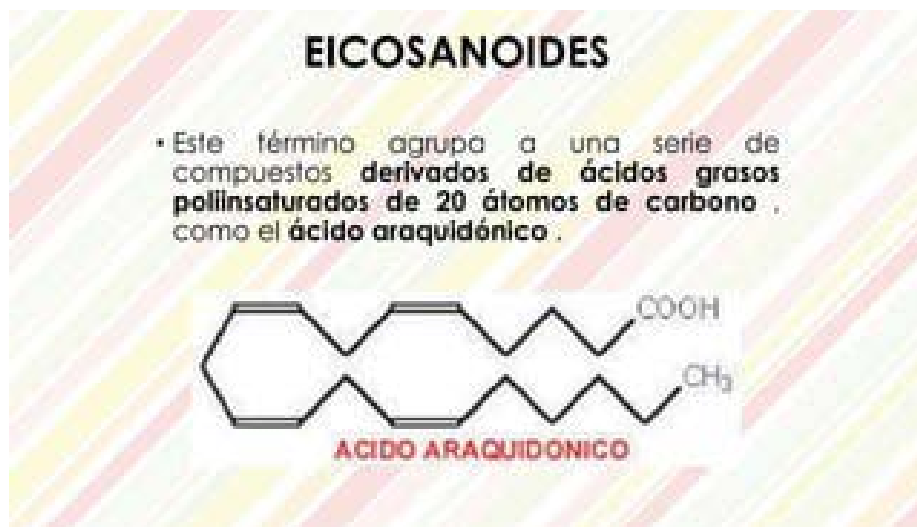
Algunas de estas moléculas intervienen en la percepción del dolor, en la contracción de los músculos lisos de las arterias o del útero y en los fenómenos de formación de coágulos y de constricción bronquial en los pulmones.

En los eicosanoides se distinguen 3 clases importantes: las prostaglandinas, los leucotrienos y los tromboxanos.

Una característica estructural de las prostaglandinas (PG) es la formación de un anillo pentagonal con varios grupos oxigenados en la molécula original del araquidonato y según la distribución de dobles enlaces y de grupos oxigenados se distinguen las clases: PGE, PGG, PGH y PGD

Los leucotrienos (LT) reciben este nombre porque tienen tres dobles enlaces conjugados y se producen por los leucocitos. Los leucotrienos producen contracción de músculo liso especialmente el músculo liso de los bronquios.

Los tromboxanos (TX) se caracterizan estructuralmente por la formación de un anillo de 6 miembros donde el oxígeno es uno de ellos (oxano). Los tromboxanos promueven la agregación de las plaquetas y la formación de coágulos.

Figura N°13: Ejemplo de un eicosanoides (ácido araquidónico)

Fuente: Elaboración propia

Actividad:

Completar la información sobre uso de aceites vegetales y lípidos en la industria:

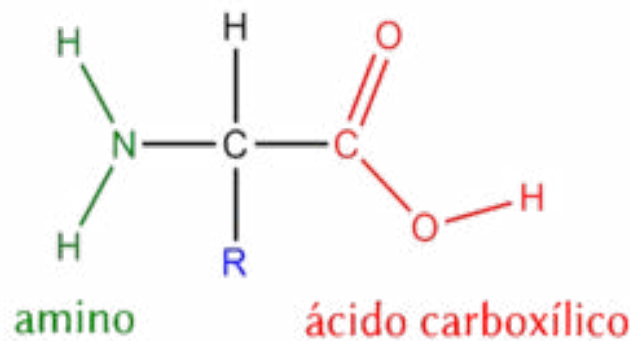
Aceites vegetales y lípidos	
Construcción	
Alimentos	
Medicina	
Textiles	
Agricultura	
Transporte	
Actividad deportiva de alto rendimiento	
Cosmética	

Las Proteínas

Las proteínas son sustancias complejas (macromoléculas) formadas necesariamente por los elementos: C, H, O, N, S y en algunos casos fósforo (P). Son de alto peso molecular, forman dispersiones coloidales y están compuestas por alfa-aminoácidos en enlace peptídico, en un número que varía entre 50 hasta más de 1000 aminoácidos, arreglados en secuencia lineal que se arrollan después para constituir cuatro niveles estructurales.

Aminoácidos (aa).- Son las unidades básicas de todas las proteínas, sustancias en las que el grupo amino está situado en el átomo de carbono inmediatamente adyacente al grupo ácido carboxílico. Así siempre hay al menos un átomo de carbono entre el grupo amino y el grupo carboxílico. La fórmula general de los aminoácidos se representa como sigue:

Figura N°14: Partes de un aminoácido



Fuente: Elaboración propia

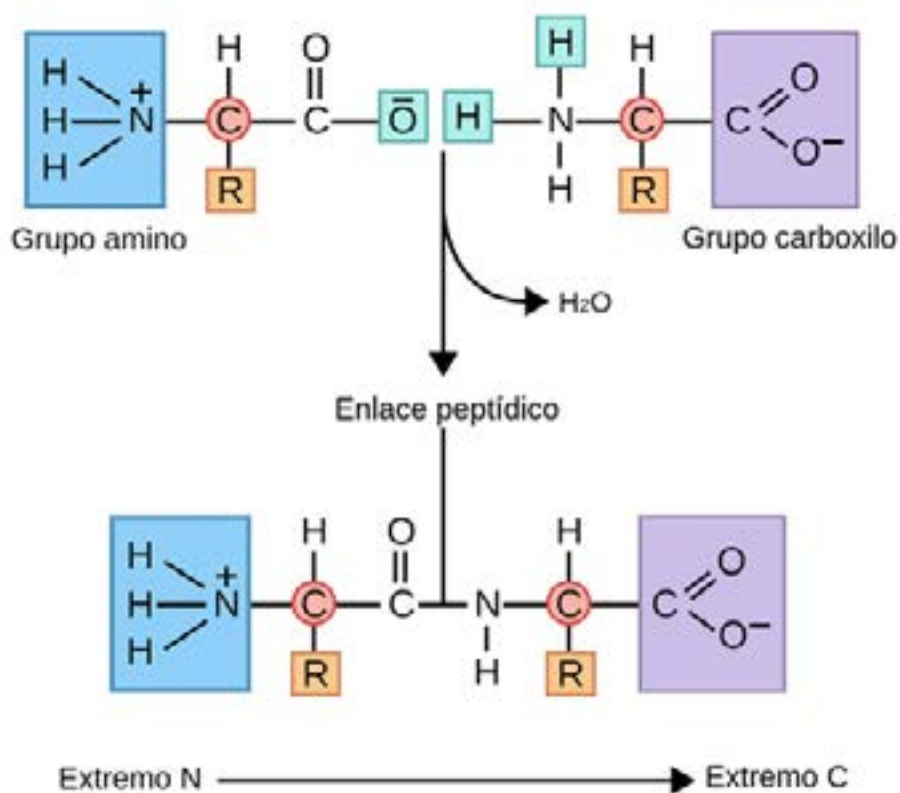
Los aminoácidos difieren entre sí por la naturaleza de sus grupos R, conformando así una lista de 22 aminoácidos que se combinan para formar a todas las proteínas presentes en los seres vivos. Nuestro cuerpo utiliza solo 20 y puede sintetizar 10 de estos, a partir de hidratos de carbono y lípidos, para satisfacer las necesidades de nuestro organismo, por lo que los diez restantes es necesario ingerirlos y por ello reciben el nombre de aminoácidos esenciales constituyéndose en componentes indispensables de la dieta diaria de un ser humano.

El átomo de carbono, en el que están unidos los grupos amonio como carboxilato, tiene cuatro grupos diferentes unidos a él, por lo tanto, los aminoácidos son quirales (una molécula cuya imagen en el espejo no se le puede superponer se describe como quiral). Los aminoácidos se enlazan unos con otros para formar proteínas a través de un enlace peptídico, que se obtienen de la reacción de condensación entre el grupo carboxilo de un aminoácido y el grupo amino de otro (figura superior).

Tabla N°4: Aminoácidos y sus derivados

Aminoácidos esenciales	Aminoácidos que pueden ser sintetizados por el ser humano
Fenilalanina (Phe)	Ácido aspártico (Asp)
Isoleucina (Ile)	Ácido glutámico (Glu)
Leucina (Leu)	Alanina (Ala)
Lisina (Lys)	Asparagina (Asn)
Metionina (Met)	Cisteína (Cys)
Treonina (Thr)	Glicina (Gly)
Triptófano (Trp)	Glutamina (Gln)
Valina (Val)	Prolina (Pro)
Arginina (Arg)	Serina (Ser)
Histidina (His)	Tirosina (Tyr)

Fuente: Elaboración propia

Figura N°15: Enlace peptídico entre los aminoácidos

Fuente: Elaboración propia

Nomenclatura.- El aminoácido que aporta el grupo carboxilo para la formación del enlace peptídico se nombra primero, con la terminación il, después se nombra el aminoácido que aporta el grupo amino. Con base en los códigos de tres letras de los aminoácidos del grupo amino que no ha reaccionado se halla a la izquierda, y el grupo carboxilo que no ha reaccionado a la derecha, ejemplo la glicilalanina se abrevia Gly-Ala.

Las proteínas se encuentran presentes en todas las estructuras de la célula y son las moléculas más activas en la vida celular.

Funciones biológicas de las proteínas.- Una de las funciones más relevantes de las proteínas es constituir la parte fundamental de las enzimas, los principales catalizadores de las células. Así como las proteínas forman parte de todas las estructuras celulares participan también como agentes activos en todas las funciones de la célula y del organismo.

Tabla N°5: Funciones de las proteínas

Función	Ejemplos	Acción
Reserva	Ovoalbúmina Gluteína (trigo) Ferritina	Almacén de aminoácidos Crecimiento de la semilla Almacena hierro en el bazo
Estructural	Colágeno Elastina Queratina Mucoproteínas	Forma tendones, huesos, cartílago, piel Es un conectivo elástico entre células Forma piel y derivados (pelo, plumas, uñas...) Mucosidades, líquido sinovial
Hormonal	Insulina Hormona del crecimiento Proteínas G	Regula el metabolismo glucídico Regula el metabolismo del calcio y fósforo Comunicación entre células
Transporte	Hemoglobina Hemocianina Lipoproteínas	Transporta oxígeno en vertebrados Transporta oxígeno en invertebrados Transporta lípidos en la sangre
Defensiva	Inmunoglobulinas Fibrinógeno y trombina	Defensa inmonológica Coagulación de la sangre
Contráctil	Actina Miosina Tubulina	Contracción muscular en miofibrillas Contracción muscular en miofibrillas Forma microtúbulos del citoesqueleto
Enzimática	Enzimas	Catalizadores en reacciones orgánicas

Fuente: Elaboración propia

Así por ejemplo las proteínas funcionan en los diferentes tipos de trabajo de las células: químico, mecánico, osmótico y eléctrico, ejemplos de estos son: el trabajo químico de todas las reacciones celulares; el trabajo mecánico de la contracción muscular; el trabajo osmótico que mediante el transporte activo permite la entrada y salida de metabolitos en la célula viva y el trabajo eléctrico que es muy evidente en la conducción nerviosa y en los fenómenos de percepción y sensibilidad como el dolor, la temperatura, la luz, el equilibrio corporal y los fenómenos eléctricos del pensamiento, Las proteínas funcionan también como hormonas –mensajeros químicos entre las células– como ejemplo de hormonas de naturaleza proteica se destacan: la insulina, el glucagón, la hormona adrenocorticotrófica y demás hormonas tróficas de la hipófisis: tirotropina, luteinizante, prolactina, hormona del crecimiento; así como los factores liberadores del hipotálamo.

A nivel del organismo las proteínas tienen también una importante función nutricional, formando el principal ingreso nitrogenado del organismo.

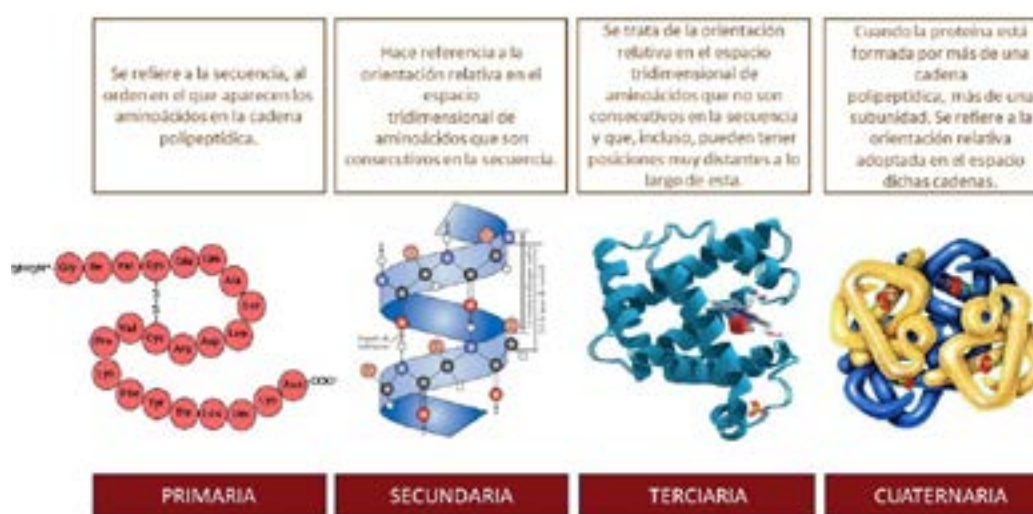
- Las proteínas de membrana se ocupan además de servir como marcadores de la individualidad celular, se ocupan de realizar los principales tipos de transporte activo y pasivo de la célula: difusión facilitada, contratransporte, etc.
- Las proteínas funcionan prominentemente como Carriers de diferentes tipos de sustancias: el oxígeno es llevado por la hemoglobina, el cobre por la ceruloplasmina, el fierro por la siderofilina, los ácidos grasos por la albúmina que también lleva los pigmentos biliares, los lípidos por las lipoproteínas, etcétera.
- Las proteínas participan en los sistemas de defensa del organismo funcionando como anticuerpos: inmunoglobulinas G, M, A, D y E; y también formando todos los componentes del complemento.

Cualquiera sea su función todas las proteínas son semejantes desde el punto de vista químico, pues están formadas de las mismas unidades estructurales de los aminoácidos. Una de las características más notables de las proteínas es que son capaces de organizarse en el espacio para formar un número casi infinito de configuraciones, que pueden ser estudiadas asignándoles cuatro niveles estructurales.

Niveles estructurales de las proteínas

Estructura primaria.- Esta estructura consiste en la secuencia lineal de aminoácidos en la cadena y se halla estabilizada por el enlace peptídico entre los aminoácidos. La primaria es la única estructura que se encuentra codificada en los genes, y de ella derivan los restantes niveles estructurales. Es decir, cada tipo de molécula proteica posee una composición química específica, una secuencia ordenada y única de aminoácidos de un determinado peso molecular. Dada la secuencia de aminoácidos, la cadena proteica toma las estructuras secundarias, terciaria y en su caso cuaternaria que corresponde.

Figura N°16: Niveles estructurales de las proteínas



Fuente: Elaboración propia

Estructura secundaria.- Consiste en el plegamiento de la cadena de aminoácidos para adquirir la forma del alfa-hélice, las placas paralelas y antiparalelas y el enredamiento libre, que son los tipos o motivos principales de la estructura secundaria. El único enlace presente que estabiliza este nivel estructural es el puente de hidrógeno, un enlace débil que se establece entre los componentes del enlace peptídico, CO y NH. Este enlace es susceptible de ruptura por cambios en la temperatura, el pH, la agitación mecánica y la concentración de sales. Hay dos configuraciones básicas:

- La alfa hélice es el motivo más frecuente en la estructura secundaria y está formada por el giro a la derecha de la cadena de suerte que todos los CO y todos los NH se ligan entre sí mediante los puentes de hidrógeno confiriéndole elasticidad. Este tipo de estructura se encuentran en tropomiosina del músculo, la fibrina, etc.
- Hoja plegada es una estructura en zig-zag, donde los puentes de hidrógeno le dan rigidez al conjunto. Ejemplo de esta configuración la encontramos en muchas regiones de la fibroína de la seda.

Estructura terciaria.- La forma global de una proteína, determinada por todos los recodos, giros y secciones de la estructura alfa helicoidal que semejan a una esfera constituye su estructura terciaria, la cual se conserva en virtud de muchas y diferentes interacciones, todo esto hace que tengan limitada

su capacidad de extensión, es decir, su tendencia a desplegarse.

La función enzimática, que desarrollan grandes moléculas proteicas que sirven como catalizadores, y que regulan de forma muy específica una reacción determinada se debe a la alta afinidad que presentan sólo ciertas moléculas de sustratos con el sitio activo de la enzima.

Estructura cuaternaria.- Es la disposición espacial que presentan cadenas polipeptídicas individuales, para constituir una proteína de mayor jerarquía en cuanto a su organización. Las proteínas así formadas generalmente tienen un peso molecular mayor a 50000 y un ejemplo clásico de esto es la hemoglobina.

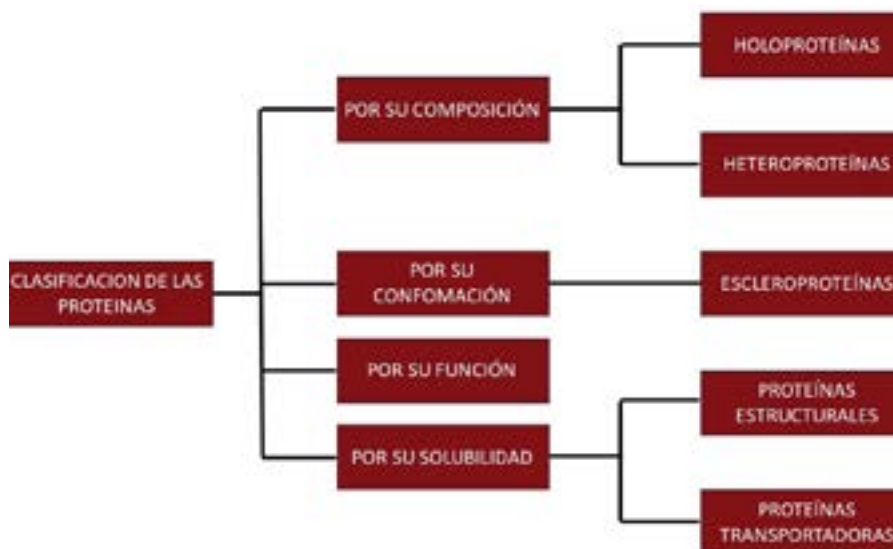
Clasificación de las proteínas

Las proteínas pueden clasificarse según diversos criterios, como ser, por su conformación nativa se clasifican en:

Fibrosas: presentan estructura secundaria y se hallan dispuestas, las fibras, a lo largo de un eje. Son insolubles en agua, presentan gran resistencia física por lo que se hallan asociadas a acciones mecánicas, de contracción, tracción o esfuerzo, etc.

Ejemplo de este tipo son: elastina, queratina, colágeno, etc.

Figura N°17: Clasificación de proteínas



Fuente: Elaboración propia

Globulares: constituidas por cadenas plegadas de tal modo que resultan en forma esférica compacta (estructura terciaria). En general son solubles en agua, y tienen un papel muy dinámico en el organismo. Pertenecen a este grupo por ejemplo: enzimas, algunas hormonas, proteínas transportadoras, etc.

Figura N°18: Diferencias entre las proteínas fibrosas y globulares



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°6: Clases de proteínas

Clase	Grupo Prostético	Ejemplos
Glucoproteínas	Carbohidratos	Mucina (de la saliva)
Lipoproteínas	Lípidos	B-globulina (en el suero)
Nucleoproteínas	Ácidos nucleicos	Ribosomas, virus
Metaloproteínas	Átomos metálicos	Hemoglobina, citocromos

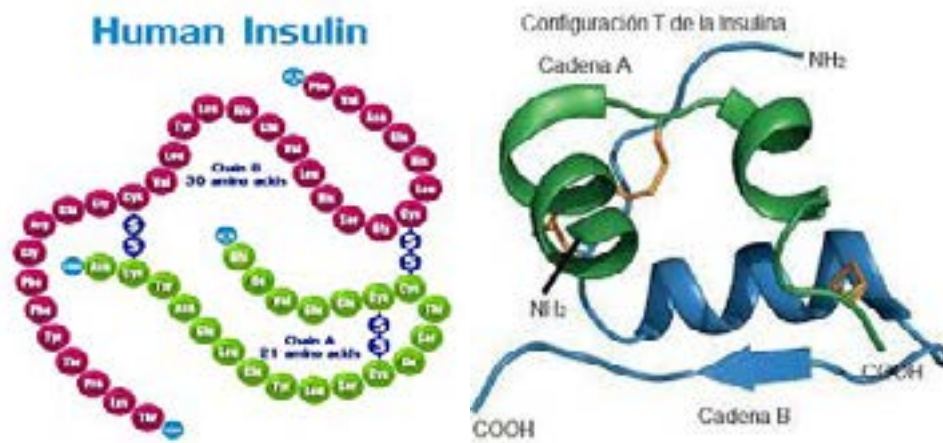
Fuente: Elaboración propia

Algunas proteínas comparten propiedades de ambos grupos tal es el caso de la miosina o el fibrinógeno que pese a tener una estructura del tipo fibroso son solubles en soluciones salinas.

Otra clasificación que puede realizarse es teniendo en cuenta su composición química, en este caso tenemos:

Simples: cuando su hidrólisis solo produce aminoácidos. Ejemplo: insulina

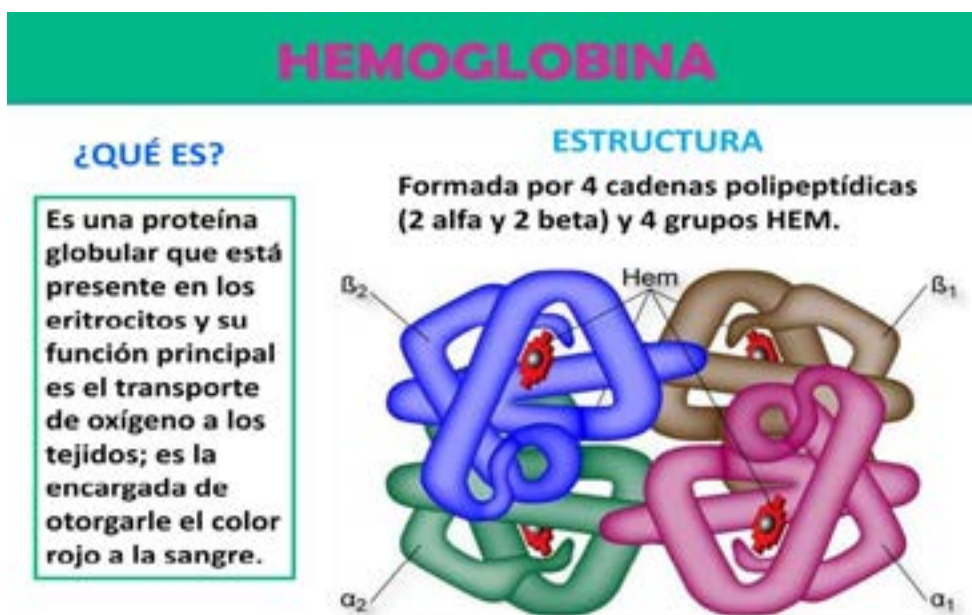
Figura N°19: Estructura de la insulina



Fuente: Elaboración propia

Compuestas: cuando como producto de su hidrólisis además de aminoácidos se obtienen compuestos orgánicos o inorgánicos. Ejemplo hemoglobina.

Figura N°20: Estructura de la hemoglobina



Fuente: Elaboración propia

Actividad:

Proteínas	Fuente	Aplicaciones industriales
Salud		
Suplementos		
Como recubrimiento o películas comestibles.		
Como péptidos bioactivos (BAP)/ hidrolizados de proteínas		
Como estabilizadores/ emulsionantes		
Como hidrogeles		
Como adhesivos		

Actividad:

¿Cuál es la función que cumplen las proteínas en los seres vivos?

Puede utilizar la siguiente lectura como apoyo:

FUNCIONES DE LAS PROTEÍNAS

Las proteínas determinan la forma y la estructura de las células y dirigen casi todos los procesos vitales. Las funciones de las proteínas son específicas de cada una de ellas y permiten a las células mantener su integridad, defenderse de agentes externos, reparar daños, controlar y regular funciones, etc. Todas las proteínas realizan su función de la misma manera: por unión selectiva a moléculas. Las proteínas estructurales se agregan a otras moléculas de la misma proteína para originar una estructura mayor. Sin embargo, otras proteínas se unen a moléculas distintas: los anticuerpos a los antígenos específicos, la hemoglobina al oxígeno, las enzimas a sus sustratos, los reguladores de la expresión génica al ADN, las hormonas a sus receptores específicos, etc. A continuación se exponen algunos ejemplos de proteínas y las funciones que desempeñan:

FUNCIÓN ESTRUCTURAL: Algunas proteínas constituyen estructuras celulares:

Ciertas glucoproteínas forman parte de las membranas celulares y actúan como receptores o facilitan el transporte de sustancias.

Las histonas, forman parte de los cromosomas que regulan la expresión de los genes.

-Otras proteínas confieren elasticidad y resistencia a órganos y tejidos: El colágeno del tejido conjuntivo fibroso. La elastina del tejido conjuntivo elástico. La queratina de la epidermis. Cosméticos contra el envejecimiento de la piel

-Las arañas y los gusanos de seda segregan fibroína para fabricar las telas de araña y los capullos de seda, respectivamente.

FUNCIÓN ENZIMÁTICA

-Las proteínas con función enzimática son las más numerosas y especializadas. Actúan como biocatalizadores de las reacciones químicas del metabolismo celular.

FUNCIÓN HORMONAL

-Algunas hormonas son de naturaleza proteica, como la insulina y el glucagón (que regulan los niveles de glucosa en sangre) o las hormonas segregadas por la hipófisis como la del crecimiento o la adrenocorticotrópica (que regula la síntesis de corticosteroides) o la calcitonina (que regula el metabolismo del calcio).

FUNCIÓN REGULADORA

-Algunas proteínas regulan la expresión de ciertos genes y otras regulan la división celular (como la ciclina).

FUNCIÓN HOMEOSTÁTICA

-Algunas mantienen el equilibrio osmótico y actúan junto con otros sistemas amortiguadores para mantener constante el pH del medio interno.

FUNCIÓN DEFENSIVA

Las inmunoglobulinas actúan como anticuerpos frente a posibles antígenos.

La trombina y el fibrinógeno contribuyen a la formación de coágulos sanguíneos para evitar hemorragias.

Las mucinas tienen efecto germicida y protegen a las mucosas.

Algunas toxinas bacterianas, como la del botulismo, o venenos de serpientes, son proteínas fabricadas con funciones defensivas.

FUNCIÓN DE TRANSPORTE

La hemoglobina transporta oxígeno en la sangre de los vertebrados.

La hemocianina transporta oxígeno en la sangre de los invertebrados. La mioglobina transporta oxígeno en los músculos.

Las lipoproteínas transportan lípidos por la sangre.

Los citocromos transportan electrones.

FUNCIÓN CONTRÁCTIL

La actina y la miosina constituyen las miofibrillas responsables de la contracción muscular.

La dineína está relacionada con el movimiento de cilios y flagelos.

FUNCIÓN DE RESERVA

La ovoalbúmina de la clara de huevo, la gliadina del grano de trigo y la hordeina de la cebada, constituyen la reserva de aminoácidos para el desarrollo del embrión.

La lactoalbúmina de la leche.

Fuente: <https://www.um.es/molecula/prot07.htm>

Ácidos Nucleicos

Son macromoléculas resultantes de la polimerización lineal de nucleótidos, monómeros complejos. Se presentan, como macromoléculas inmensas cuya unidad monomérica constitutiva son los nucleótidos unidos entre sí por enlace 3' 5' Fosfodiéster, esto las convierte en heteropolímeros Nucleotídicos, cuya función es almacenar, replicar y transmitir la información genética del individuo, permiten su crecimiento y desarrollo, además de que se realizan la síntesis proteica. Los ácidos nucleicos son bien conocidos por todos, como ADN (ácido desoxirribonucleico) y ARN (ácido ribonucleico).

Figura N°21: Ubicación y procesos bioquímicos de los ácidos nucleicos

UBICACIÓN	
ADN	ARN
Núcleo	Citoplasma
Mitocondrias	Mitocondrias
PROCESOS BIOQUÍMICOS	
ADN	ARN
Replicación	Transcripción
-	Traducción

Fuente: Elaboración propia

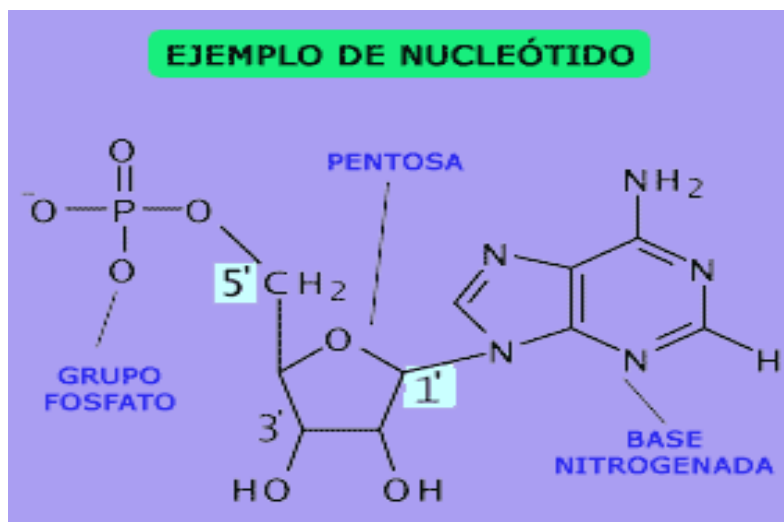
Nucleótidos. - son considerados monómeros complejos porque están formados por tres partes químicas:

1. Fosfato inorgánico –de fórmula O-P-O
2. Pentosa –puede ser ribosa o desoxirribosa
3. Bases: purina o pirimidina –se las conocen en general como bases nitrogenadas

Las bases nitrogenadas pueden definirse estructuralmente como anillos heterocíclicos, formados por átomos de C, N, e H. De estos compuestos encontramos dos clases:

- Bases purícas que derivan de reacciones de sustitución que sufre la purina;
- Bases pirimídicas, que derivan de reacciones de sustitución que sufre la pirimidina.

De la unión covalente entre una base púrica o pirimídica, con una aldopentosa (ribosa o desoxirribosa) se obtiene un nucleósido. A la pentosa de un nucleósido puede unirse uno o más grupos fosfatos, a través de enlaces covalentes, formándose así un nucleótido

Figura N°22: Ejemplo de un nucleótido

Fuente: Elaboración propia

Los nucleótidos también desempeñan una gran variedad de funciones como: componentes estructurales de cofactores enzimáticos e intermediarios metabólicos especializados en la transferencia de energía. Como ejemplo de nucleótidos que actúa como intermediarios energéticos podemos mencionar al ATP sigla con la que se identifica a la adenosina-tri-fosfato, molécula constituida por la unión de: adenosina + ribosa + tres grupos de ácidos fosfóricos enlazados consecutivamente (mediante enlaces covalentes). Estos últimos enlaces tienen la particularidad de poseer un elevado contenido en energía, la cual puede ser cedida por el ATP cuando las actividades metabólicas de la célula así lo requieran, la reacción sería.



De la misma manera, el ADP puede aceptar energía química proveniente de una reacción exergónica, y esa energía es utilizada para crear un enlace de alta energía (~).

Muchas enzimas conocidas desarrollan su función cuando están en presencia de otras sustancias que podemos llamar “cofactores”, que de otra manera sería imposible de desarrollar. Alguno de estos colaboradores enzimáticos importantes son nucleótidos o derivados de estos, por ejemplo:

~ NAD: nicotinamida – adenina – dinucleótido

~ FAD: flavina – adenina – dinucleótido

Por reacciones de condensación (entre un grupo OH del ácido fosfórico y otro grupo OH de la pentosa de otro nucleótido) los nucleótidos pueden polimerizarse y formar ácidos nucleicos, que nunca son mixtos, es decir, están integrados sólo por ribonucleótidos o sólo por desoxirribonucleótidos.

Polinucleótidos.- Los ácidos nucleicos son una clase de biopolímeros portadores de la información genética de los organismos.

1. Los ADN son moléculas enormes con pesos moleculares que fluctúan entre 6 millones y 16 millones de uma. Se encuentran principalmente en el núcleo de las células guardando la información genética y regulando la producción de proteínas.

Estructuralmente las moléculas de ADN consisten en dos cadenas o filamentos enrollados una en la otra en forma de doble hélice, como podemos observar en la figura superior. Ambas cadenas se mantienen unidas gracias a las atracciones existentes entre las bases de una de las cadenas con la correspondiente de la otra. Estas interacciones que son del tipo de dispersión y también de puente de hidrógeno (enlaces débiles), se establecen entre las bases complementarias es decir: adenina (A) se une a timina (T) y citosina (C) se une a guanina (G) respectivamente. Esta disposición de las bases apareadas es muy específica y sólo se establece entre una base púrica y una pirimídica sólo si son capaces de formar el mismo número de puentes de hidrógeno y determinan que los apareamientos posibles sean:

Las dos cadenas de ADN no son idénticas ni en la secuencia de sus bases, ni en la composición en bases. Son, en cambio, cadenas complementarias. El modelo tridimensional (estructura helicoidal o escalera caracol) propuesto en 1953 por Watson y Crick fue de enorme utilidad ya que permitió justificar muchas de las propiedades físicas y químicas del ADN probadas en el laboratorio y además permitió explicar el mecanismo que nos plantea de qué manera ocurre la replicación de esta macromolécula.

Figura N°23: Estructura del ADN



Fuente: Elaboración propia

Los filamentos de ADN se desenrollan durante la división celular y se produce la duplicación o replicación dando origen a filamentos complementarios de cada una de las cadenas originales que constituyen los ARN.

2. ARN. Estos polirribonucleótidos estructuralmente están formados por una sola cadena (o cadena simple) que puede ser lineal o adoptar estructuras particulares (horquilla o rizos). Existen tres tipos de ARN:

- ARN ribosómico: (ARNr) forma parte de la estructura de los ribosomas, sitio de la síntesis de las proteínas.
- ARN mensajero: (ARNm) encargado de indicar las secuencias de aminoácidos que integrarán la proteína a sintetizar.
- ARN de transferencia: (ARNt) o ARN soluble; presenta una estructura muy particular denominada “en hoja de trébol”, con zonas replegadas formando rizos, su peso molecular es relativamente bajo y su función es el de transportar específicamente los aminoácidos para su acople en la secuencia que conformará la futura proteína.

Estos elementos nos permiten conocer la información necesaria y específica para la síntesis de cada proteína con relación a:

- Qué aminoácidos la componen, y
- En qué orden o secuencia deben ubicarse los mismos.

Figura N°24: Estructura del ARN



Fuente: Elaboración propia

Referencias Bibliográficas

Holum J. (2012). Fundamentos de química general, orgánica y bioquímica. Editorial Limusa S.A. De C.V.; Translation edición. México

Burton D, Routh J. (1977). Química Orgánica y bioquímica. Ed. Mc Graw Hill. México

Ashby J (1976). Principios de Química Biológica, Editorial Acribia,

Blanco A, Blanco G. (2019). Química Biológica. 10 edición, Editorial Ateneo.

Universidad Nacional del Litoral, (2018). Química Biológica, secretaría académica de la Universidad Nacional del Litoral-Dirección de articulación ingreso y permanencia.

ACERCA DE LOS AUTORES

Oscar Rafael Tinoco Gómez

Nació en Huaraz, capital del departamento de Ancash, sus estudios primarios los realizó entre Huaraz y Lima, la secundaria en la Gran Unidad Escolar Ricardo Bentín, Lima, su formación profesional la realizó en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), donde se recibió como Ingeniero Industrial. Su grado de doctor lo obtuvo en la Universidad Nacional Federico Villarreal, en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Actualmente es director de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería Industrial de la UNMSM, así como docente investigador RENACYT nivel VI y coordinador del Grupo de Investigación “Producción más limpia”.

Nora Rosa Concepción Malca Casavilca

Bióloga, magíster y doctora en Ciencias Ambientales, docente de pre y posgrado por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, investigadora de temas gestión ambiental, asesora de tesis de pre y posgrado, integrante de grupos de investigación relacionado con el cambio climático, revisora par y evaluadora de los artículos para revistas nacionales e internacionales, integrante del comité consultivo de la revista IIGEO de la FIGMMG-UNMSM. Parte del Comité Editor de la Revista Gemma de la FIGMMG-UNMSM. Autora y co-autora de artículos de investigación y libros relacionados al ambiente y educación.

Pedro Pablo Rosales López

Doctor y magíster en Ingeniería Industrial por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). Es asesor y consultor de empresas en optimización, métodos y sistemas, así como docente investigador (RENACYT CM-III) en temas de productividad, circularidad, sostenibilidad y simulación de sistemas complejos. Es miembro titular del grupo de investigación Producción más Limpia, de la UNMSM. Cuenta con más de 20 años de experiencia profesional en el análisis, desarrollo e implementación de sistemas orientados a producción, logística, gestión, planeamiento, calidad y control de la producción, y de sistemas comerciales, de contabilidad, finanzas y recursos humanos. Es autor de los libros *Casos de Ingeniería Industrial*, *Logística para pymes*, *Estadística Básica*, *Introducción al análisis cuantitativo en la investigación de mercados con soporte del SPSS* y *Algoritmos de programación con Lenguaje C*.

Luis Benavides Luksic

Doctorado en Pensamiento Complejo, magíster en Administración de Empresas y licenciado en Ciencias especialidad Biología, el profesor Benavides posee un profundo conocimiento en diversas áreas del saber, lo que le permite abordar de manera integral los desafíos del mundo empresarial y académico. Con 9 años de experiencia en la docencia universitaria y 17 años liderando la gestión comercial y de operaciones en empresas de servicios industriales y ambientales, el docente Benavides aporta una visión estratégica y un enfoque innovador a sus actividades profesionales. Su combinación de experiencia práctica y conocimientos teóricos lo convierten en un referente en la integración de la teoría y la práctica en el ámbito educativo y empresarial. Con un enfoque en la excelencia académica y el desarrollo integral de sus estudiantes, el maestro Benavides se destaca como un líder en la formación de profesionales capaces de enfrentar los retos del mundo empresarial actual. Su pasión por la enseñanza y su compromiso con la excelencia lo posicionan como un activo invaluable en el campo de la educación superior y la gestión empresarial.

Olivio Nino Castro Mandujano

Docente e investigador de la UNMSM-Perú. Químico de la UNI, magíster en Química de la PUCP, doctor en Ciencias Químicas de la UNMSM. Docente asociado a dedicación exclusiva en la UNMSM. Ha trabajado en diferentes proyectos nacionales (CONCYTEC, INNOVATE, PROCENCIA, varias universidades, etc.) e internacionales (AECI, ALFA-POLYLIFE, POLYCOM, ETC.) Las líneas de investigación que desarrolló son: Química de los productos naturales y biopolímeros. Autor de 10 libros y 40 artículos publicados en revistas nacionales y 9 artículos en revistas internacionales. Asesor de 6 tesis de pregrado sustentadas.

Francisco Javier Wong Cabanillas

Nació en Lima, en el distrito capitalino de Lince, en el año 1955. Su formación profesional la realizó en las siguientes universidades: Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), obteniendo el título de Ingeniero Electrónico, Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) Facultad de Ciencias Sociales obteniendo el título de licenciado en Sociología; a su vez realizó estudios en la Facultad de Ciencias Contables y Administrativas obteniendo el grado de doctor en Ciencias Contables y Empresariales, realizó estudios en la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, obteniendo el grado de doctor en Ciencias de la Educación.

Dentro de su formación complementaria ha llevado los siguientes diplomados: diplomado en Planificación y Gestión del Desarrollo Local y Regional en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y el diplomado en Políticas Públicas e Interculturalidad (UNMSM).

Director General de la Revista Digital CTS-CAFÉ-Para ciudadanos,

Ha desempeñado diversos cargos a nivel académico y profesional, jefe de la Oficina General de

Cooperación y Relaciones Interinstitucionales (OGCRI) de la UNMSM, director académico y director del Instituto de Investigaciones Histórico-Sociales de la Facultad de Ciencias Sociales en la UNMSM. Director General de la Dirección General de Responsabilidad Social (DGRS) en la UNMS. Rector de la Universidad Garcilaso de la Vega, en el periodo, 2023-2024.

En la actualidad, de desempeña como docente de pregrado y posgrado, así como docente investigador Renacyt, y coordinador de Estudios Generales en la Facultad de Ingeniería Industrial- UNMSM.

Ysabel Zevallos Paravé

Docente de las especialidades de Biología y Química, magíster y doctora en Ciencias de la Educación, maestría concluida en Bioquímica y Nutrición por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Docente de pregrado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Investigadora de productos naturales y temas educativos; asesora de tesis de pre y posgrado, integrante de grupos de investigación relacionado con educación y productos naturales. Autora y co-autora de artículos de investigación relacionados a educación y productos naturales. Integrante del comité científico de la revista CTS café en el área de Ciencias de la Salud.

DIBUJO Y ARTE DE LA PORTADA: MARIELLA SOLEDAD VILLAVICENCIO QUIÑONES
DISEÑO DE PORTADA: CARLOS ALBERTO VEGA VIDAL



ISBN: 978-612-03-0772-4

