



**LIBRO**

# **BIOQUIMICA I**

## ***MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA***

### ***PRIMER CUATRIMESTRE***

---

## Marco Estratégico de Referencia

---

### ANTECEDENTES HISTORICOS

Nuestra Universidad tiene sus antecedentes de formación en el año de 1979 con el inicio de actividades de la normal de educadoras “Edgar Robledo Santiago”, que en su momento marcó un nuevo rumbo para la educación de Comitán y del estado de Chiapas. Nuestra escuela fue fundada por el Profesor de Primaria Manuel Albores Salazar con la idea de traer Educación a Comitán, ya que esto representaba una forma de apoyar a muchas familias de la región para que siguieran estudiando.

En el año 1984 inicia actividades el CBTiS Moctezuma Ilhuicamina, que fue el primer bachillerato tecnológico particular del estado de Chiapas, manteniendo con esto la visión en grande de traer Educación a nuestro municipio, esta institución fue creada para que la gente que trabajaba por la mañana tuviera la opción de estudiar por las tarde.

La Maestra Martha Ruth Alcázar Mellanes es la madre de los tres integrantes de la familia Albores Alcázar que se fueron integrando poco a poco a la escuela formada por su padre, el Profesor Manuel Albores Salazar; Víctor Manuel Albores Alcázar en septiembre de 1996 como chofer de transporte escolar, Karla Fabiola Albores Alcázar se integró como Profesora en 1998, Martha Patricia Albores Alcázar en el departamento de finanzas en 1999.

En el año 2002, Víctor Manuel Albores Alcázar formó el Grupo Educativo Albores Alcázar S.C. para darle un nuevo rumbo y sentido empresarial al negocio familiar y en el año 2004 funda la Universidad Del Sureste.

La formación de nuestra Universidad se da principalmente porque en Comitán y en toda la región no existía una verdadera oferta Educativa, por lo que se veía urgente la creación de una institución de Educación superior, pero que estuviera a la altura de las exigencias de los jóvenes que tenían intención de seguir estudiando o de los profesionistas para seguir preparándose a través de estudios de posgrado.

Nuestra Universidad inició sus actividades el 18 de agosto del 2004 en las instalaciones de la 4ª avenida oriente sur no. 24, con la licenciatura en Puericultura, contando con dos grupos de cuarenta

alumnos cada uno. En el año 2005 nos trasladamos a nuestras propias instalaciones en la carretera Comitán – Tzimol km. 57 donde actualmente se encuentra el campus Comitán y el Corporativo UDS, este último, es el encargado de estandarizar y controlar todos los procesos operativos y Educativos de los diferentes Campus, Sedes y Centros de Enlace Educativo, así como de crear los diferentes planes estratégicos de expansión de la marca a nivel nacional e internacional.

Nuestra Universidad inició sus actividades el 18 de agosto del 2004 en las instalaciones de la 4ª avenida oriente sur no. 24, con la licenciatura en Puericultura, contando con dos grupos de cuarenta alumnos cada uno. En el año 2005 nos trasladamos a nuestras propias instalaciones en la carretera Comitán – Tzimol km. 57 donde actualmente se encuentra el campus Comitán y el corporativo UDS, este último, es el encargado de estandarizar y controlar todos los procesos operativos y educativos de los diferentes campus, así como de crear los diferentes planes estratégicos de expansión de la marca.

## **MISIÓN**

Satisfacer la necesidad de Educación que promueva el espíritu emprendedor, aplicando altos estándares de calidad Académica, que propicien el desarrollo de nuestros alumnos, Profesores, colaboradores y la sociedad, a través de la incorporación de tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

## **VISIÓN**

Ser la mejor oferta académica en cada región de influencia, y a través de nuestra Plataforma Virtual tener una cobertura Global, con un crecimiento sostenible y las ofertas académicas innovadoras con pertinencia para la sociedad.

## **VALORES**

- Disciplina
- Honestidad
- Equidad
- Libertad

## **ESCUDO**



El escudo de la UDS, está constituido por tres líneas curvas que nacen de izquierda a derecha formando los escalones al éxito. En la parte superior está situado un cuadro motivo de la abstracción de la forma de un libro abierto.

## ESLOGAN

“Mi Universidad”

## ALBORES



Es nuestra mascota, un Jaguar. Su piel es negra y se distingue por ser líder, trabaja en equipo y obtiene lo que desea. El ímpetu, extremo valor y fortaleza son los rasgos que distinguen.

---

## Nombre de la materia

---

### Objetivo de la materia:

El alumno identificará las principales biomoléculas que forman parte de las células, describirá las estructuras químicas de proteínas y carbohidratos y describirá las propiedades más relevantes para su función. Así mismo, integrará las relaciones existentes entre las biomoléculas y los fenómenos biológicos en los que participan (procesos metabólicos).

## Contenido

<b>UNIDAD I</b> .....	9
<b>INTRODUCCIÓN A LAS BIOMÓLECULAS Y AL METABOLISMO</b> .....	9
<b>1.1 Concepto de bioquímica</b> .....	9
<b>1.1.1 Historia de la bioquímica</b> .....	9
<b>1.1.2 Fundamento del estudio de la bioquímica</b> .....	12
<b>1.2 La célula como objeto de estudio de la bioquímica</b> .....	14
<b>1.2.1 Tipos de células</b> .....	15
<b>1.2.3 Diferenciación anatómica de las células</b> .....	17
<b>1.2.3 Organelos celulares</b> .....	19
<b>1.3 Composición química de las estructuras vivas:</b> .....	19
<b>1.3.1 Principales elementos químicos esenciales (bioelementos)</b> .....	25
<b>1.3.2 El agua, estructura molecular, propiedades fisicoquímicas</b> .....	29
<b>1.4.1 El agua y los seres vivos</b> .....	29
<b>UNIDAD II</b> .....	30
<b>Carbohidratos</b> .....	30
<b>2.1 Definición</b> .....	30
<b>2.1.1 Clasificación de los carbohidratos</b> .....	31
<b>2.2 Estructura de los monosacáridos</b> .....	31
<b>2.3 Propiedades químicas y biológicas de los monosacáridos</b> .....	33
<b>2.4 Estructura molecular de los disacáridos</b> .....	34
<b>2.5 Propiedades químicas y biológicas de los disacáridos</b> .....	34
<b>2.6 Estructura molecular de los polisacáridos</b> .....	34
<b>2.7 Propiedades químicas y biológicas de los polisacáridos</b> .....	35
<b>2.8 Digestión de los carbohidratos</b> .....	36
<b>2.9 Descripción de Procesos Metabólicos de los Principales Carbohidratos en Veterinaria</b> .....	39
<b>2.10 Principales Enfermedades Metabólicas Relacionadas con Carbohidratos</b> .....	39
<b>UNIDAD III</b> .....	40
<b>Proteínas</b> .....	40
<b>3.1 Definición de proteínas, clasificación y estructura química</b> .....	40
<b>3.1.1 Niveles de Organización de las Proteínas</b> .....	41
<b>3.2 Estructura y clasificación de los aminoácidos</b> .....	41
<b>3.3 Estereoisómeros y propiedades ópticas de los aminoácidos</b> .....	47
<b>3.4 Propiedades químicas de los aminoácidos</b> .....	50
<b>3.5 Metabolismo de las Proteínas</b> .....	51

<b>3.5.1 Biosíntesis de Proteínas (Traducción)</b> .....	54
<b>3.6 Concepto de enzima</b> .....	55
<b>3.6.1 Propiedades de las enzimas</b> .....	56
<b>3.6.2 Clasificación de las enzimas</b> .....	57
<b>3.6.3 Acción y Cinética Enzimática</b> .....	57
<b>3.7 Rutas Metabólicas</b> .....	58
<b>3.7.1 La Glucólisis</b> .....	61
<b>3.7.2 El Ciclo de Krebs</b> .....	62
<b>3.8 Principales enfermedades metabólicas por proteínas</b> .....	63
<b>UNIDAD IV</b> .....	66
<b>Lípidos</b> .....	66
<b>4.1 Concepto de lípido</b> .....	66
<b>4.2 Clasificación</b> .....	67
<b>4.3 Propiedades</b> .....	68
<b>4.4 Estructura y Propiedades Físico-Químicas de los Lípidos</b> .....	68
<b>4.5 Funciones Biológicas de los Lípidos</b> .....	70
<b>4.6 Lípidos de uso biológico</b> .....	72
<b>4.7 Metabolismo de los lípidos</b> .....	77
<b>4.8 Lípidos en la Membrana Celular</b> .....	78
<b>4.9 Lipoproteínas</b> .....	80
<b>4.10 Lípidos en la Dieta y la Salud</b> .....	81
<b>4.11 Principales enfermedades metabólicas por lípidos</b> .....	81
<b>Fuentes de Consulta:</b> .....	85
<b>Videos de apoyo:</b> .....	85



## UNIDAD I

### INTRODUCCIÓN A LAS BIOMÓLECULAS Y AL METABOLISMO

#### 1.1 Concepto de bioquímica.

##### **Concepto y propósito de la bioquímica**

La bioquímica es el estudio de los procesos químicos que ocurren en los tejidos vivos. Concretamente, la bioquímica estudia a los seres vivos y describe como ocurren los procesos biológicos a nivel molecular, al utilizar conjuntamente los principios de la química orgánica y de la fisiología en la búsqueda de la comprensión cada vez más precisa de los procesos biológicos. La bioquímica analiza los fenómenos biológicos a nivel más profundo que el de las modificaciones aparentes, y la información está más allá del campo de lo que se observa a simple vista o con cualquier microscopio. Las bases conceptuales de la bioquímica se encuentran en la química orgánica, la fisicoquímica y la fisiología. El propósito de la bioquímica, como nos dice Robert Murray, consiste en describir y explicar, en términos moleculares, todos los procesos químicos de las células vivas.

##### 1.1.1 Historia de la bioquímica.

La iniciación de la investigación dentro de los límites de la moderna bioquímica se produjo hace unos 200 años. En la segunda mitad del siglo XVIII y durante todo el XIX se llevó a cabo un gran esfuerzo para entender tanto el aspecto estructural como el funcional de los procesos vitales. De particular interés son los estudios realizados por el químico francés Antoine Lavoisier (1743-1794), alrededor de 1780, sobre la respiración; con los resultados de las determinaciones calorimétricas acerca del calor desprendido en la combustión, por un lado, y la respiración en células vivas, por otro, Lavoisier concluyó que la respiración es similar a la combustión, sólo que más lenta. Las primeras investigaciones del gran químico sueco Karl Scheele (1742-1786) sobre la composición química de los tejidos vegetales y animales constituyeron, sin duda alguna, el impulso necesario para el de la bioquímica. Scheele aisló una gran variedad de sustancias naturales tales como ácidos úrico, láctico, oxálico, cítrico, málico, así como también glicerina, caseína y diversos ésteres. Al

desarrollarse las técnicas de análisis cuantitativo elemental, el químico y médico sueco Jöns Berzelius (1779-1848) y el químico alemán Justus Von Liebig (1803-1873) demostraron, a principios del siglo XIX, que las sustancias aisladas por Scheele contenían como elemento común al carbono. Siguieron los intentos para sintetizar sustancias que contuviesen carbono, esto es, productos orgánicos. En esta época estaba muy extendida la teoría del vitalismo, la cual sostenía que los compuestos orgánicos solamente podían ser sintetizados mediante la acción de una fuerza vital, que se creía únicamente existía en los tejidos vivos. El vitalismo se vino abajo cuando en 1828, el pedagogo y químico alemán Friedrich Wohler (1800-1882) sintetizó la urea a partir de cianatos metálicos y sales de amonio. De Wohler siguió la síntesis de ácido acético por parte de otro químico alemán Adolf Kolbe (1818-1884), en 1844, y la de varios compuestos orgánicos sintetizados en 1850 por el químico e historiador francés Marcellin Berthelot (1827-1907). Entonces el vitalismo quedó en el olvido, mientras que la síntesis orgánica estaba en pleno florecimiento. La división de los alimentos en azúcares, grasas y proteínas, que dura hasta nuestros días, fue establecida por primera vez en 1827 por el médico inglés William Prout. La química estructural de los lípidos fue objeto de atención en el mismo siglo XIX a través de los trabajos del francés Michel Cereal (1786-1889) quién demostró, a través de estudios de saponificación, que las grasas se componían de ácidos grasos y glicerina. Uno de los trabajos significantes en la bioquímica estructural fueron los presentados por el eminente químico alemán Emil Fischer (1852-1919), revolucionando la investigación relativa a las estructuras de carbohidratos, grasas y proteínas. Fischer recibió el premio Nóbel de Química en 1902. Químicos orgánicos de renombre como el holandés Gerardus J. Mulder (1802-1880), el alemán Justus Von Liebig, y el francés Paul Schutzenberger (1829-1897) y otros aislaron aminoácidos a partir de hidrolizados de proteínas, y de nuevo Emil Fischer vuelve a la escena de la historia cuando dedujo la forma en que se unen los aminoácidos en las proteínas.

En 1868, el biólogo suizo Friedrich Miescher (1844-1895) descubrió la presencia de ácido nucleico en los núcleos de las células del pus obtenido de vendajes quirúrgicos desechados. Algunas facetas del metabolismo bioquímico aclaradas antes del siglo XX usualmente centraban sus investigaciones en problemas agrícolas o médicos. Por esta misma época el zoólogo alemán Theodor Schwann (1810-1882) reconoció que el proceso de la fermentación era de origen biológico; describió a la levadura como una planta capaz de convertir el azúcar en alcohol y bióxido de carbono.

Estos trabajos fueron continuados, entre otros, por el químico francés Louis Pasteur (1822-1895) que identificó microorganismos fermentadores que no necesitan oxígeno, introduciendo así el concepto de organismos aerobios y anaerobios. Otros avances importantes del siglo XIX fueron las investigaciones sobre la fotosíntesis y la fijación de CO<sub>2</sub> por los vegetales que corrieron a cargo del botánico suizo Horace de Saussure; se realizaron estudios sobre digestión, recuérdense los trabajos de Lázaro Spallanzani, René de Reamur, William Beaumont y Claude Bernard. Por esta época se desarrollan, además, técnicas quirúrgicas para estudiar la fisiología y la bioquímica animal.

Una de las conclusiones más importantes fue acerca de la unidad básica de la bioquímica en la naturaleza. Se demostró que, aunque cada especie presenta individualidad bioquímica, existen grandes semejanzas en la manera en que formas vitales aun completamente distintas, llevan a cabo funciones íntimamente relacionadas entre sí. Esto simplifica el problema de la comprensión de los procesos vitales. Ya a finales del siglo XIX y principios del XX la bioquímica florece en todo su esplendor. En 1903, el bioquímico judío alemán Carl Neuberg (1877-1956) da el nombre de bioquímica a esta nueva rama de la biología, motivo por el cual se le considera el padre de la bioquímica.

Desde el punto de vista químico es de gran importancia que factores alimentarios desconocidos fueran puestos claramente de manifiesto por el bioquímico británico Frederick Hopkins (1861-1947) y sus colaboradores que señalaron la existencia de enfermedades causadas por deficiencias nutritivas. La pelagra, el escorbuto, el raquitismo y el beriberi fueron gradualmente admitidas como enfermedades nutritivo-deficientes y sus agentes curativos, las vitaminas (término propuesto por el bioquímico polaco-americano Casimir Funk), fueron aisladas y caracterizadas.

Son notables las investigaciones desarrolladas en este tema por los bioquímicos Elmer Macollan, Albert SzentGyorgyi, Harry Steenbock y Conrad Elvehjem. Las investigaciones del químico alemán Eduard Buchner (1860-1917) con sistemas libres de células capaces de llevar a cabo fermentaciones, estimularon otras investigaciones como las de los bioquímicos ingleses Arthur Harden y Thomas Young; y también de los alemanes Gustav Embden y Otto Meyerhof, dando por resultado la determinación de la ruta bioquímica completa desde glucógeno hasta ácido láctico. Los fructíferos trabajos del profesor de bioquímica Adolf Krebs sobre el metabolismo oxidativo de carbohidratos fueron continuados y desarrollados

en otras áreas del metabolismo intermediario por Green, Feodor Lynen, Luis Leloir, Konrad Bloch, Kennedy, Davis y David Shemin. La contribución del bioquímico estadounidense James B. Sumner radica en que descubrió, en 1926, que los biocatalizadores, o sea las enzimas, son proteínas, y este descubrimiento centra el interés por la investigación de la estructura y propiedades bioquímicas de las proteínas.

Ya para 1935, Sumner había descrito claramente el fenómeno catalítico, y señalado que la diastasa de la papa, enzima que cataliza la hidrólisis del almidón constituía un ejemplo de un biocatalizador e indicaba que todos los materiales de los tejidos vivos se formaban bajo la influencia de una acción catalítica.

Las posteriores investigaciones sobre purificación de enzimas llevadas a cabo por los bioquímicos estadounidenses John Northrup y Moses Kunitz, confirmaron la naturaleza proteica de las enzimas, lo que convirtió a Sumner en el padre de la moderna enzimología, recibiendo compartido el premio nobel de química en 1946, por sus trabajos de cristalización de las enzimas. De fundamental importancia son los trabajos, sobre este mismo campo, los presentados por Vigneaud, Sanger, Stein, Moore, Perutz, Kendrew y Phillips.

Al mismo tiempo, los trabajos del austriaco Edwin Chargaff, el estadounidense James Watson, el británico Francis Crick y el neozelandés Maurice Wilkins determinaron la formulación de la estructura del ácido desoxirribonucleico, lo que marcó el comienzo de la biología molecular.

### 1.1.2 Fundamento del estudio de la bioquímica.

Desde la antigüedad se conocía que con el aporte de determinados alimentos a la dieta se lograba obtener la cura de algunas enfermedades, más tarde identificadas como enfermedades nutricionales.

La bioquímica ha sido principalmente la que pudo esclarecer la función de cada uno de los distintos nutrientes que el organismo, proporcionando con ello mejores condiciones a la práctica médica, particularmente en la prevención y tratamiento de las enfermedades nutricionales por carencia y por exceso, al establecer las cantidades requeridas década uno de estos nutrientes para el desarrollo normal del individuo.

Algo similar pudiera decirse acerca de las enfermedades endocrinas, las que se presentan por carencia o exceso de las hormonas. Las hormonas son compuestos biológicos que, aunque poseen naturaleza química variada, desempeñan todas ellas funciones de regulación en los organismos pluricelulares. Para comprender mejor las endocrinopatías, se hizo necesario esclarecer las funciones de las hormonas.

El conocimiento de las enfermedades unicelulares adquiere especial relieve, su causa radica en un déficit de alguna proteína (frecuentemente una enzima), o en la síntesis de proteínas anormales, por presentar uno o uno aminoácidos diferentes en relación con la normal, tal es el caso de numerosos cuadros que se transmiten de forma hereditaria. Con el avance actual pueden ser detectados los portadores y realizarse, cuando proceda, el diagnóstico intrauterino, lo que permite a los padres decidir sobre la asesoría de un especialista, la interrupción o no del embarazo. Existen muchas enfermedades de este tipo, ejemplo de ellas es la drepanocitosis o anemia falciforme, enfermedad que se caracteriza por la presencia de una hemoglobina anormal, que provoca serias alteraciones del glóbulo rojo y sil eventual destrucción e implica cuadros hemolíticos que pueden ser muy severos.

Estos casos son detectados en nuestro país y se orientan a las parejas portadoras, de acuerdo con su descendencia.

Otras enfermedades unicelulares, conocidas también como "errores congénitos del metabolismo", se presentan por un déficit de alguna enzima o la formación de proteínas enzimáticas anormales. Un caso importante de este tipo de enfermedad es la oligofrenia fenilpiruvato, la cual se produce por la carencia de una enzima necesaria para el metabolismo de algunos aminoácidos; En consecuencia se forman algunos metabolitos colaterales en grandes cantidades y se origina un significativo retraso mental. Este retraso puede ser evitado si se realiza el diagnóstico precoz, después del nacimiento y se somete al tratamiento dietético especial. La prueba bioquímica diagnóstica para detectar estas enfermedades se realiza, en nuestro país, a todos los recién.

Los avances de la biología molecular y especialmente de la ingeniería genética y la biotecnología de los últimos años han abierto posibilidades insospechadas hace apenas unos años en las ramas biomédicas.

Objeto de estudio de la bioquímica Después de haber realizado una revisión somera del surgimiento y desarrollo de la bioquímica como ciencia y detallado algunos de sus aportes

a las ciencias biológicas en general y a las ciencias médicas en particular, estarnos en condiciones de concretar su objeto de estudio.

La bioquímica y en especial la bioquímica humana se ocupa del estudio de:

La composición de las biomoléculas, o sea, el estudio de la composición elemental y estructura química de las moléculas biológicas, que incluye su conformación tridimensional y la relación intrínseca entre ésta la función específica de cada una de ellas.

Las asociaciones supra moleculares que constituyen la base de las estructuras celulares, los tejidos y organismos, así como las bases moleculares de la diferencia y especialización de los tejidos en los organismos.

## 1.2 La célula cómo objeto de estudio de la bioquímica

Una mirada a la naturaleza y composición química de la célula

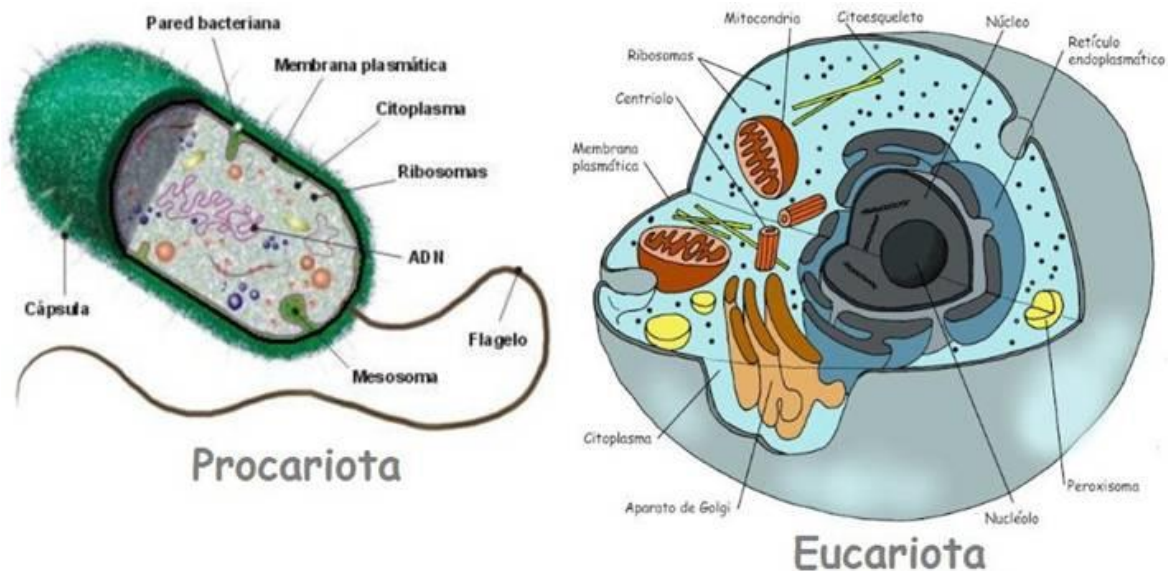
La célula es la unidad estructural y funcional básica de la cual están constituidos los organismos vivos.

El organismo vivo más complejo, el ser humano, puede contener un billón de ellas, mientras que muchos microorganismos sólo se componen de una sola célula. Los organismos unicelulares de muy diferentes clases y las células del tejido del cerebro o del músculo son tan diferentes en su morfología como lo son en su función. Pero a pesar de toda su variedad son células y por ello todas tienen una membrana celular, un citoplasma que contiene diversos organelos y un núcleo central. Además de tener una estructura definida, las células tienen en común un cierto número de funciones características. En primer lugar, son capaces de proporcionarse y transformar la energía. Se inicia con la absorción y transformación primaria de la energía de la luz solar en energía de enlace químico realizada por las plantas verdes.

El interior de la célula se distingue del mundo exterior por la presencia de moléculas complejas; la capacidad de sintetizar grandes moléculas a partir de otras sustancias más sencillas sigue siendo una de las características que distinguen a las células. Entre estas moléculas hay proteínas que además de constituir la parte principal de la sustancia “sólida” de las células, muchas otras proteínas son enzimas pues tienen propiedades catalíticas, es

decir, que son capaces de acelerar grandemente la velocidad de las reacciones químicas que ocurren dentro de la célula, especialmente aquellas implicadas en las transformaciones energéticas. La síntesis de proteínas a partir de 20 aminoácidos diferentes tiene lugar bajo la regulación del ácido desoxirribonucleico (ADN) y del ácido ribonucleico (ARN). De un momento a otro la célula se divide: una célula madre ha crecido y da origen a dos células hijas, proceso reconocido hace muchos años al observar que los cromosomas se distribuían en partes iguales. Se había supuesto y así se ha demostrado que los cromosomas que contienen a los genes son los agentes de la herencia.

No existe una célula típica dada la gran diversidad de formas vivientes, así tenemos células diferentes en cada uno de los reinos de la naturaleza, sin embargo, para fines prácticos se pueden mostrar tres de ellas, de las cuales se hará una breve descripción de su organización subcelular, y posteriormente sus componentes moleculares.



### 1.2.1 Tipos de células

La célula es la entidad organizativa más pequeña, considerada como la mínima unidad de vida. Existen dos tipos de células en función de su nivel evolutivo, de acuerdo con la organización anatómica y funcional.

La célula más simple en función del nivel evolutivo es la célula procariota:

#### **Células procariotas**

Las células son entidades complejas con estructuras especializadas que determinan la función celular. En general, cualquier célula puede ser dividida en membrana plasmática (celular), que es una bicapa formada principalmente por lípidos y proteínas que rodean la superficie externa de las células; el citoplasma, es el contenido interno de una célula comprendido entre el núcleo y la membrana plasmática; y los organelos (termino que significa —pequeños órganos), son estructuras celulares que realizan funciones específicas. En la biotecnología no sólo las células animal y vegetal son las importantes, también tienen una enorme importancia las bacterias, levaduras y otros microorganismos. Las bacterias son conocidas como células procariotas o simplemente procariotas, del griego —antes del núcleo, porque no tienen núcleo, Organelo que contiene ADN en las células animales y vegetales. Los procariotas incluyen bacterias verdaderas (eubacterias) y cianobacterias, un tipo de algas verdeazuladas y los miembros del dominio Archaea (bacterias antiguas con algunas características eucariotas). Las procariotas son células con una estructura simple.

El límite exterior de una bacteria se define por la membrana plasmática, que está rodeada por una pared celular rígida que protege a la célula. Salvo los ribosomas que se utilizan para la síntesis de proteínas, las bacterias tienen pocos organelos. El citoplasma contiene el ADN, generalmente en forma de una única molécula circular, que se une a la membrana plasmática y se sitúa en una zona conocida como la región nucleoide de la célula. Algunas bacterias también tienen una estructura en forma de cola llamada flagelo que se usa para la locomoción.

### **Células eucariotas**

Las células vegetales y animales se consideran células eucariotas, nombre que proviene de las palabras griegas —núcleo verdadero, debido a que poseen un núcleo rodeado por una membrana y muchos organelos. Los eucariotas también incluyen hongos y a los organismos unicelulares llamados protistas, que son la mayoría de las algas. La membrana plasmática es una barrera formada por una doble capa fluida, altamente dinámica y compleja, compuesta de lípidos, proteínas y carbohidratos. La membrana desempeña un papel esencial en la adhesión celular (unión de las células entre sí), comunicación de una célula con otra, y en la forma celular, y es muy importante para el transporte de moléculas dentro y fuera de la



célula. La membrana también desempeña un papel importante como barrera selectivamente permeable, ya que contiene muchas proteínas implicadas en complejos procesos de transporte que controlan las moléculas que pueden entrar y salir de la célula. Por ejemplo, ciertas proteínas como la insulina se liberan de la célula en un proceso llamado secreción; otras moléculas, como la glucosa, pueden ser llevadas al interior de la célula y dentro de las mitocondrias ser convertidas en energía en forma de una molécula llamada adenosín trifosfato (ATP). Las membranas también envuelven y son parte importante de muchos organelos.

El citoplasma de las células eucariotas está formado por el citosol, fluido gelatinoso, rico en nutrientes y muchos organelos. El citoplasma de las células procariotas también contiene citosol, pero pocos organelos. Cada Organelo es un compartimento en el que tienen lugar reacciones químicas y los procesos celulares. Los organelos permiten a las células llevar a cabo miles de complejas reacciones diferentes simultáneamente. Cada Organelo es el responsable de reacciones bioquímicas específicas. Por ejemplo, los lisosomas rompen materiales extraños y organelos viejos; organelos como el retículo endoplasmático y el aparato de Golgi sintetizan proteínas, lípidos y carbohidratos (azúcares). Mediante la compartimentalización de las reacciones, las células pueden llevar a cabo multitud de reacciones de manera muy coordinada, simultáneamente y sin interferencias. En las células eucariotas, el núcleo contiene el ADN. Este Organelo es una estructura esférica rodeada por una bicapa, la envoltura nuclear, y suele ser la estructura más grande en células animales. Casi 2 metros de ADN se enrollan en el núcleo de cada una de las células humanas, y si el ADN de todas las células humanas se conectara de extremo a fin sería suficiente para ir al sol y volver cerca de 500 veces. Aunque la mayoría del ADN en una célula eucariota se encuentra dentro del núcleo, las mitocondrias y los cloroplastos también contienen pequeñas moléculas de ADN circular.

### 1.2.3 Diferenciación anatómica de las células

La célula es la unidad funcional y estructural básica de los seres vivos.

Todas las células derivan de antepasados comunes y deben cumplir funciones semejantes en tamaño y estructura. Pese a su diversidad comparten cuatro componentes fundamentales: la membrana plasmática, que limita a ésta del exterior; el citoplasma, fluido

viscoso al interior; el material genético, que es el DNA y los ribosomas, que llevan a cabo la síntesis proteica.

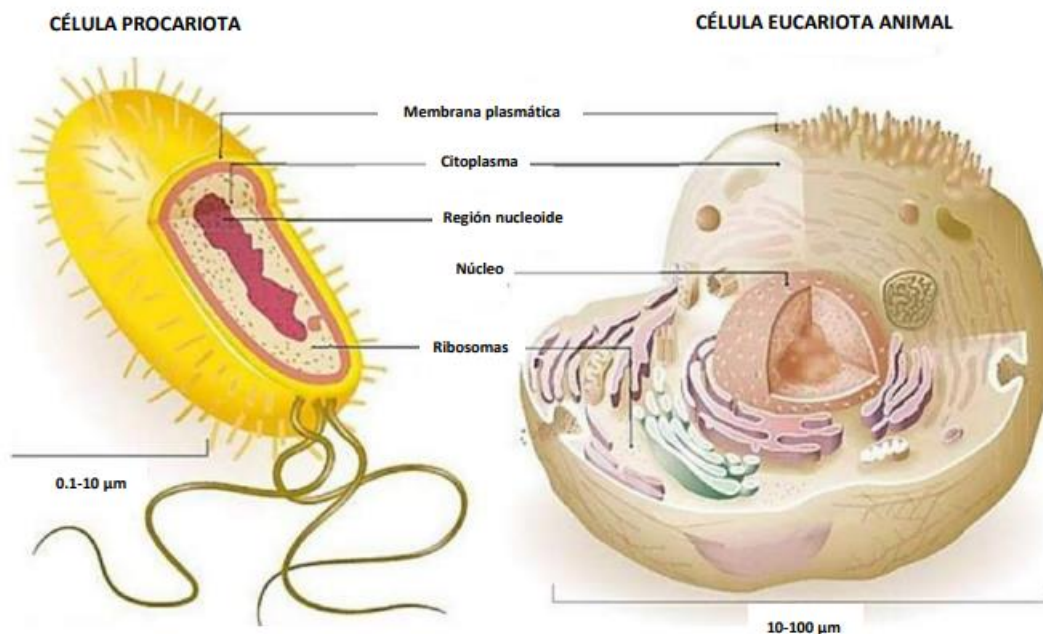
Para sobrevivir, las células deben obtener energía y nutrimentos de su entorno, sintetizar proteínas y otras moléculas necesarias para crecer y repararse, y eliminar los desechos. Muchas células deben interactuar con otras. Para asegurar la continuidad de la vida, las células también deben reproducirse.

Estas actividades se logran en partes especializadas de las células, como se verá más adelante.

Las células se clasifican en procariotas y eucariotas.

Aunque las células procariotas presentan estructuras relativamente sencillas, éstas son bioquímicamente muy versátiles; por ejemplo, en las bacterias se pueden encontrar las vías metabólicas principales incluyendo los 3 procesos energéticos fundamentales (glicólisis, respiración y fotosíntesis).

Las células eucariotas son de mayor tamaño y complejidad, y presentan mayor contenido de material genético. Su DNA se encuentra en un núcleo rodeado por una doble membrana y el citoplasma contiene organelos. También tienen la característica de poseer un citoesqueleto de filamentos proteicos que ayuda a organizar el citoplasma y proporciona la maquinaria para el movimiento.



### 1.2.3 Organelos celulares

Los orgánulos celulares son componentes esenciales dentro de las células eucariotas que realizan funciones específicas, permitiendo el correcto funcionamiento y la supervivencia de la célula. Cada orgánulo tiene una estructura y función particular. El núcleo, por ejemplo, actúa como el centro de control de la célula, almacenando el ADN y coordinando la actividad genética y la división celular.

Las mitocondrias, conocidas como las "centrales energéticas" de la célula, generan ATP a través de la respiración celular, proporcionando la energía necesaria para diversas funciones celulares. El retículo endoplásmico (RE) se divide en dos tipos: el RE rugoso, que tiene ribosomas adheridos y participa en la síntesis de proteínas, y el RE liso, involucrado en la síntesis de lípidos y detoxificación.

El aparato de Golgi se encarga de modificar, empaquetar y distribuir proteínas y lípidos recibidos del retículo endoplásmico, actuando como un centro de distribución dentro de la célula. Los lisosomas contienen enzimas digestivas que descomponen moléculas y reciclan componentes celulares, mientras que los peroxisomas están implicados en la detoxificación de peróxidos y la oxidación de ácidos grasos.

Finalmente, el citoesqueleto, aunque no es un orgánulo en sí, es crucial para mantener la forma celular, facilitar el movimiento y organizar los orgánulos dentro de la célula. Juntos, estos orgánulos trabajan de manera coordinada para asegurar que la célula funcione de manera eficiente y responda adecuadamente a las señales y cambios en su entorno.

### 1.3 Composición química de las estructuras vivas:

Los seres vivos están caracterizados, entre otras cosas, por poseer una organización celular, es decir determinadas moléculas se organizan de una forma particular y precisa e interactúan entre sí para establecer la estructura celular. Así como las células son los ladrillos con los que se construyen los tejidos y los organismos, las moléculas son los bloques con que se construyen las células. Al estudiar químicamente estas moléculas

observamos que las mismas están constituidas en un 98% por elementos tales como C, H, O, N, P y S; ( el 2 % restante está representado por elementos como el Fe, Ca , Na, K, Cu, Mg, I, Cl. Etc.)

La combinación de estos seis elementos puede dar lugar a la formación de millones de moléculas distintas, sin embargo como veremos más adelante, la mayoría de los seres vivos está formado por un número relativamente bajo de tipos de compuestos.

Aquellos compuestos en cuya composición interviene el carbono se los denomina compuestos orgánicos; dentro de este grupo podemos mencionar a los monosacáridos, polisacáridos, aminoácidos, proteínas, lípidos , nucleótidos y ácidos nucleicos ( no son los únicos compuestos orgánicos que existen, pero sí son la mayoría). Estos representan aproximadamente el 30% de la composición química de los seres vivos. El 70% lo constituye el agua. También encontramos algunos iones tales como el Na, Fe, Ca, K, etc. en proporciones muy pequeñas.

## ÁTOMOS Y MOLÉCULAS

Toda la materia, incluyendo a los seres vivos, está compuesta por distintos átomos. Un átomo es la partícula más pequeña de materia que puede existir libre conservando las propiedades fisicoquímicas características de ese elemento y que es capaz de intervenir en reacciones químicas.

En la estructura del átomo encontramos una región central muy densa formada por dos tipos de partículas los protones y los neutrones. Ambos le otorgan masa al núcleo, los protones son partículas con carga positiva y los neutrones no están cargados. Los neutrones contribuyen a mantener la estabilidad del núcleo y también impiden que las cargas de los protones se repelan y provoquen la desintegración del núcleo.

En torno a este núcleo encontramos otras partículas cargadas negativamente llamadas electrones. Estos electrones giran alrededor del núcleo en zonas denominadas orbitales; los orbitales son las zonas del espacio cercana al núcleo donde hay mayor probabilidad de encontrar electrones. Los orbitales se organizan en niveles de energía. A medida que nos alejamos del núcleo los niveles de energía aumentan, de manera que los electrones cercanos al núcleo poseen menor nivel de energía que los que se encuentran alejados.

Los electrones de los niveles de energía más externos son los que determinan la capacidad de reaccionar químicamente.

En estado elemental o no-combinado el átomo es eléctricamente neutro, ya que posee igual número de electrones que de protones.

Los átomos de distintos elementos químicos poseen un número característico de protones.

El número de protones se denomina NUMERO ATOMICO ( Z )

La suma de protones y neutrones (no se tiene en cuenta a los electrones ya que su masa es despreciable) se conoce como NUMERO MASICO ( A ).

Aunque este modelo no es un modo preciso de ilustrar la configuración de electrones, es de uso frecuente por su sencillez y conveniencia. (b) Nube de electrones. Los puntos indican las probabilidades de que un electrón esté en un sitio en un momento dado.

Existen átomos que tienen el mismo número de protones, pero distinta cantidad de neutrones; si poseen el mismo número de protones y estos son los que les confieren las propiedades químicas, estamos en presencia de átomos del mismo elemento, es decir de ISOTOPOS. (poseen el mismo Z, pero tienen distinto número másico).

Algunos átomos que raramente reaccionan con otros se encuentran formando parte del grupo VIII de la tabla periódica y constituyen los llamados gases nobles o raros. Este grupo se caracteriza por la baja reactividad de los átomos. Al estudiarse la configuración electrónica (la distribución de los electrones en los distintos niveles de energía) se observa que dichos elementos poseen en su nivel de energía más alto (el más alejado o externo) ocho electrones. Es decir que la estabilidad está dada por esa configuración electrónica (dijimos anteriormente que la capacidad de reaccionar estaba dada por la distribución de los electrones de los niveles más externos). El resto de los átomos no posee esa configuración electrónica por lo tanto son inestables de modo que tienden a reaccionar entre sí.

En general los átomos que reaccionan para formar una molécula tienden a adquirir una configuración similar a la del gas noble, es decir tienden a completar ocho electrones en su nivel más externo. Esto es conocido como la regla del octeto, pero como toda regla siempre hay excepciones.

## UNIONES QUÍMICAS

Una de las fuerzas impulsoras en la naturaleza es la tendencia de la materia a alcanzar el estado de energía libre más bajo posible, este estado de menor energía implica una mayor estabilidad, en las moléculas los núcleos y los electrones de los átomos interactúan, logrando una mayor estabilidad (ya que tratan de adquirir la configuración electrónica de un gas noble).

Los átomos se mantienen unidos formando moléculas por medio de fuerzas, estas reciben el nombre de ENLACES O UNIONES QUIMICAS.

En las reacciones metabólicas se generan y se degradan continuamente moléculas, es decir que se forman y se rompen uniones químicas

### UNIÓN IÓNICA

Algunos átomos tienden a ganar o a perder electrones con gran facilidad (debido a su configuración electrónica) formando partículas cargadas que se denominan IONES. Aquellos átomos que ganan con facilidad electrones se dice que son electronegativos, formarán entonces iones con carga negativa que se denominan ANIONES. Si el átomo pierde electrones predominarán las cargas positivas del núcleo y por lo tanto se formarán iones con carga positiva o CATIONES.

En las uniones iónicas los átomos se mantienen unidos debido a las fuerzas de atracción que surgen por tener cargas opuestas (catión – anión). Los compuestos iónicos se caracterizan por un alto punto de fusión, alto punto de ebullición, en general son solubles en agua, por lo tanto, en solución acuosa conducen la corriente eléctrica

Un ejemplo de este tipo de unión lo constituye el cloruro de sodio, el átomo de cloro es mucho más electronegativo (atrae con mucha fuerza a los electrones) que el sodio, de modo que le arranca el electrón del último nivel de energía a este último. El cloro se transforma entonces en el anión cloruro, y el sodio en un catión, la atracción eléctrica hace que los iones permanezcan unidos.

Las uniones iónicas son importantes desde el punto de vista biológico, ya que forman parte de las interacciones entre ácidos nucleicos y proteínas. Sin embargo, este tipo de uniones no las encontramos entre los átomos que predominan en la composición química de los seres vivos (C, H, O, N, S, y P)

### UNIÓN COVALENTE

Algunos átomos no tienen tendencia a ganar o perder electrones, sino que los comparten con otros átomos. Cuando la diferencia de electronegatividad no existe o es muy baja, los átomos que intervienen comparten electrones.

El gas hidrógeno está compuesto por moléculas de hidrógeno y no por átomos de hidrógeno separados. Una molécula compuesta por dos átomos se llama diatómica. Cuando un átomo de H se une a otro átomo de H ambos tienen la misma capacidad de atraer electrones, por lo tanto, el par compartido se ubicará a igual distancia de ambos núcleos. Los átomos de H comparten sus electrones para adquirir la configuración del gas noble, los electrones compartidos pertenecen a ambos átomos simultáneamente.

Muchos elementos de importancia biológica son diatómicos (H, O, F, Cl, etc.) Esquemáticamente cada par de electrones compartidos se simboliza con una línea, dos átomos pueden compartir 1, 2 o 3 pares de electrones.

En algunos casos existe una diferencia de electronegatividad entre los átomos que hace que él o los pares de electrones compartidos no se encuentren equidistantes de los núcleos, sino que están más cerca del átomo con mayor electronegatividad. De esta forma la distribución de los electrones es asimétrica, creándose zonas donde predominan las cargas negativas de los electrones (cerca del elemento más electronegativo) y zonas donde predominan las cargas positivas de los núcleos (el elemento menos electronegativo, ya que sus electrones están lejos). Este tipo de unión covalente recibe el nombre de unión covalente polar.

Este tipo de unión es la que encontramos en la mayor parte de las moléculas biológicas. El carbono (C) se une con los otros elementos (H, O, N, P, S) por medio de uniones covalentes, así como también se une a otros átomos de carbono dando largas cadenas, como veremos más adelante.

### UNIÓN PUENTE HIDRÓGENO

Es una unión sumamente lábil, formándose y destruyéndose continuamente, dependiendo su efecto estabilizador más a la cantidad de dichas uniones, que a la fuerza de atracción entre los átomos. Es muy importante en los sistemas biológicos ya que contribuyen a dar estabilidad a macromoléculas tales como las proteínas, los ácidos nucleicos, etc.

Cuando un átomo de hidrógeno se une a un átomo muy electronegativo (como ser el oxígeno o el nitrógeno) el par compartido se sitúa lejos del núcleo del hidrógeno, por lo tanto, se crea una pequeña separación de cargas, quedando el hidrógeno ligeramente

positivo ( $d^+$ ) y el oxígeno o el nitrógeno levemente negativo ( $d^-$ ). ( $d$  indica la separación parcial de cargas). La  $d^+$  del hidrógeno es atraída por la  $d^-$  del elemento electronegativo de otra molécula, de manera que el H queda formando un puente entre dos moléculas

El átomo de Nitrógeno de una molécula de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) está unido a un átomo de hidrógeno de una molécula de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) por un enlace de hidrógeno. En este último, un átomo de hidrógeno combinado con un átomo electronegativo en un enlace covalente polar es compartido por otro átomo electronegativo por medio de una atracción eléctrica débil.

#### FUERZAS DE VAN DER WAALS

Son fuerzas de atracción inespecíficas que ocurren cuando los átomos se encuentran a distancias pequeñas y cuando momentáneamente se forman diferencias de cargas en torno al átomo debido a los movimientos de los electrones. Esta distribución de carga fluctuante da al átomo una polaridad: una parte de él tiene una carga ligeramente negativa respecto a las demás que quedan ligeramente positivas de manera que una zona negativa momentánea de un átomo interactúa con una positiva de otro.

Estas interacciones son aproximadamente 100 veces más débiles que las uniones covalentes; sin embargo son muy importantes porque se pueden establecer cientos de interacciones simultáneas, manteniendo a las moléculas juntas con bastante cohesión. Este tipo de interacción juega un papel muy importante en la unión de los sustratos a las enzimas.

#### INTERACCIONES HIDROFÓBICAS

También son importantes en las propiedades biológicas de distintas moléculas. Estas interacciones ocurren porque las moléculas no polares tienden a agruparse cuando están en un medio acuoso para repeler el agua o “escondarse” de ella. Ciertas moléculas presentan partes que se pueden intercalar con el agua (partes hidrofílicas) a parte de las porciones hidrofóbicas, de manera que las zonas hidrofílicas establecen contacto con el agua y las zonas hidrofóbicas quedan resguardadas en el interior (adoptan en general una forma esférica), este tipo de ordenamiento estabiliza la estructura de la macromolécula, contribuyendo a mantener su conformación activa.

Estas interacciones tienen importancia en el plegamiento de las proteínas y en la asociación entre una enzima con su sustrato



### 1.3.1 Principales elementos químicos esenciales (bioelementos)

Los bioelementos son los elementos químicos que forman parte de la materia viva y son fundamentales para la vida. Estos elementos constituyen la base de las moléculas biológicas y son esenciales para los procesos fisiológicos y bioquímicos que ocurren en los organismos.

#### Clasificación de los Bioelementos

Los bioelementos se clasifican en tres categorías según su abundancia y función en los seres vivos: bioelementos primarios, bioelementos secundarios y oligoelementos.

#### **Bioelementos Primarios:**

Estos son los elementos más abundantes en los organismos vivos y constituyen alrededor del 99% de la masa total de la materia viva. Incluyen:

- Carbono (C): Es el elemento fundamental en la química orgánica, formando el esqueleto de todas las moléculas orgánicas, incluyendo carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.
- Hidrógeno (H): Presente en la mayoría de las moléculas orgánicas y en el agua, es crucial para las reacciones redox y la formación de enlaces covalentes.
- Oxígeno (O): Participa en la respiración celular y es un componente esencial del agua, además de formar parte de muchas biomoléculas.
- Nitrógeno (N): Componente principal de aminoácidos, proteínas, y ácidos nucleicos como el ADN y el ARN.
- Fósforo (P): Forma parte de los ácidos nucleicos, ATP, y fosfolípidos, desempeñando un papel crucial en la transferencia de energía.
- Azufre (S): Se encuentra en algunos aminoácidos y vitaminas, y es esencial para la estructura y función de las proteínas.

#### Bioelementos Secundarios:

- Estos elementos están presentes en menores cantidades, pero son igualmente esenciales para la vida. Incluyen:
- Calcio (Ca): Importante para la formación de huesos y dientes, la contracción muscular y la coagulación sanguínea.

- Potasio (K): Esencial para el equilibrio osmótico, la transmisión de impulsos nerviosos y la actividad enzimática.
- Sodio (Na): Participa en la regulación del equilibrio osmótico y el impulso nervioso.
- Cloro (Cl): Fundamental para el equilibrio hídrico y la formación del ácido clorhídrico en el estómago.
- Magnesio (Mg): Componente clave de la clorofila y cofactor en muchas reacciones enzimáticas.

Oligoelementos:

- También conocidos como elementos traza, son requeridos en cantidades muy pequeñas, pero son indispensables para la función biológica. Algunos ejemplos son:
- Hierro (Fe): Componente esencial de la hemoglobina y las enzimas respiratorias.
- Zinc (Zn): Cofactor de muchas enzimas y esencial para el sistema inmunológico.
- Cobre (Cu): Participa en la formación de hemoglobina y en diversas reacciones enzimáticas.
- Yodo (I): Necesario para la síntesis de hormonas tiroideas.
- Manganeso (Mn): Participa en la fotosíntesis y en la activación de enzimas.

Importancia de los Bioelemento

Los bioelementos son fundamentales para la estructura, función y regulación de los sistemas biológicos. La carencia o exceso de alguno de estos elementos puede provocar disfunciones graves en los organismos, lo que subraya la importancia de mantener un equilibrio adecuado en su concentración.

### 1.3.2 Principales biomoléculas que intervienen en los procesos metabólicos.

Las biomoléculas son compuestos orgánicos esenciales que constituyen la base de todos los procesos biológicos y metabólicos en los organismos vivos. Estas moléculas participan en la construcción de estructuras celulares, el almacenamiento y transferencia de energía, y la regulación de las funciones biológicas. Las principales biomoléculas que intervienen en los procesos metabólicos se pueden clasificar en cuatro grandes grupos: carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.

### 1. Carbohidratos

- **Estructura y Función:** Los carbohidratos son biomoléculas compuestas de carbono, hidrógeno y oxígeno. Se presentan en formas simples como monosacáridos (glucosa, fructosa) y en formas complejas como polisacáridos (almidón, glucógeno). Su principal función es proporcionar energía inmediata a las células, especialmente a través de la glucólisis, un proceso clave en el metabolismo.
- **Papel en el Metabolismo:** Los carbohidratos son la fuente primaria de energía. A través de la glucólisis, se descomponen en piruvato, generando ATP, que es la moneda energética de la célula. El piruvato puede entrar en el ciclo de Krebs para la producción adicional de ATP, o ser convertido en lactato en condiciones anaeróbicas.

### 2. Lípidos

- **Estructura y Función:** Los lípidos son biomoléculas hidrofóbicas que incluyen grasas, aceites, fosfolípidos y esteroides. Están compuestos principalmente por ácidos grasos y glicerol. Los lípidos son esenciales para el almacenamiento de energía a largo plazo, la formación de membranas celulares y la síntesis de hormonas.
- **Papel en el Metabolismo:** Los lípidos, a través de la beta-oxidación de ácidos grasos, proporcionan acetil-CoA que ingresa al ciclo de Krebs para la producción de energía. Además, los fosfolípidos forman la base de las bicapas lipídicas en las membranas celulares, y los esteroides como el colesterol son precursores de importantes hormonas.

### 3. Proteínas

- **Estructura y Función:** Las proteínas son polímeros de aminoácidos que desempeñan una amplia variedad de funciones biológicas, incluyendo la catálisis de reacciones (enzimas), transporte de moléculas (hemoglobina), y la provisión de soporte estructural (colágeno).
- **Papel en el Metabolismo:** Las enzimas, que son proteínas, catalizan casi todas las reacciones químicas en el metabolismo, acelerando procesos como la digestión de alimentos, la síntesis de ADN, y la producción de energía. Las proteínas

también participan en el transporte de moléculas dentro y fuera de las células y en la señalización celular.

#### 4. Ácidos Nucleicos

- **Estructura y Función:** Los ácidos nucleicos, como el ADN y el ARN, son polímeros de nucleótidos que almacenan y transmiten la información genética. El ADN contiene las instrucciones para la síntesis de proteínas, mientras que el ARN participa en la traducción de esta información para construir proteínas.
- **Papel en el Metabolismo:** Los ácidos nucleicos son esenciales para la regulación y control de los procesos metabólicos. El ADN codifica para las enzimas que catalizan las reacciones metabólicas, mientras que el ARN desempeña un papel clave en la síntesis de proteínas, un proceso fundamental para la renovación celular y la respuesta a las señales metabólicas.

#### 5. Cofactores y Coenzimas

- **Estructura y Función:** Los cofactores son iones metálicos o moléculas orgánicas (coenzimas) que ayudan a las enzimas en la catálisis de reacciones metabólicas. Ejemplos de coenzimas incluyen el NAD<sup>+</sup> y FAD, que son esenciales en la transferencia de electrones durante la respiración celular.
- **Papel en el Metabolismo:** Estos cofactores y coenzimas son esenciales para la función de muchas enzimas. En la respiración celular, por ejemplo, el NAD<sup>+</sup> se reduce a NADH durante la glucólisis y el ciclo de Krebs, transportando electrones a la cadena de transporte de electrones, donde se produce ATP.

#### 6. Vitaminas y Minerales

- **Estructura y Función:** Las vitaminas son compuestos orgánicos necesarios en pequeñas cantidades para la función metabólica normal. Los minerales, como el hierro y el magnesio, son elementos inorgánicos que también juegan roles clave en el metabolismo.
- **Papel en el Metabolismo:** Las vitaminas actúan frecuentemente como coenzimas, facilitando reacciones enzimáticas vitales. Los minerales participan en funciones como el transporte de oxígeno (hierro en la hemoglobina) y la producción de energía (magnesio en el ATP).

### 1.3.2 El agua, estructura molecular, propiedades fisicoquímicas

El agua es el componente más abundante en los seres vivos. Existe tanto en forma intracelular como fuera de las células. En general se dice que los seres vivos contienen un promedio un 70% de agua.

Aunque no todos tienen la misma cantidad. En general los vegetales tienen más agua que los animales. Hay tejidos que tienen más agua que otros por ejemplo, el tejido adiposo se estima que contiene alrededor de 15%, mientras que tejido nervioso, contiene aproximadamente el 90%.

El contenido también varía con la edad del tejido, por ejemplo en la carne de becerros es más tierna que la de las vacas, por tener mayor cantidad de agua.

La química de la vida ocurre en el agua. De hecho, las células contienen entre un 70 a un 90 % de agua, y todas las reacciones que ocurren en el citoplasma de una célula tienen lugar en un medio acuoso. El agua es el solvente biológico ideal. Sin embargo el agua no solo es el medio en el que se desarrollan las reacciones químicas sino que también en muchos casos participa activamente de ellas ya sea como reactivo o producto de una reacción. Por todo esto no resulta sorprendente que las propiedades del agua sean un factor clave para comprender la bioquímica.

La molécula de agua consta de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos covalentemente. Debido a la diferencia de electronegatividad entre los mismos se crea una distribución asimétrica de cargas lo que llega a la formación de una molécula polar. Como hemos visto anteriormente esa polaridad permite la aparición de los puentes de hidrógeno entre las moléculas de agua.

### 1.4.1 El agua y los seres vivos

- **Medio de Transporte:** En los organismos vivos, el agua actúa como un medio de transporte para nutrientes, gases y desechos. En los animales, la sangre, compuesta en su mayoría por agua, transporta oxígeno, dióxido de carbono, nutrientes y hormonas a través del cuerpo. En las plantas, el agua es fundamental para el transporte de minerales y azúcares desde las raíces hasta las hojas.

- **Regulación de la Temperatura Corporal:** El agua regula la temperatura corporal a través de procesos como la transpiración y la evaporación. En los seres humanos y otros animales, la sudoración ayuda a disipar el calor excesivo, manteniendo una temperatura corporal óptima.
- **Participación en Reacciones Metabólicas:** El agua es un reactivo esencial en muchas reacciones bioquímicas, incluyendo la fotosíntesis en las plantas, donde se descompone para liberar oxígeno, y en la hidrólisis de macromoléculas en los animales, donde el agua descompone polímeros en sus monómeros constituyentes.
- **Mantenimiento de la Estructura Celular:** En las células, el agua contribuye a mantener la forma y turgencia celular. En las plantas, la presión osmótica del agua dentro de las vacuolas ayuda a mantener la rigidez de las células y, por lo tanto, la estructura de la planta.

## UNIDAD II

### Carbohidratos

#### 2.1 Definición

Los carbohidratos son compuestos orgánicos que se originan a través del proceso de fotosíntesis realizado por las plantas, son fundamentales para la vida y representan un papel fundamental en la dieta humana. Los carbohidratos son importantes ya que todos los seres vivos los utilizan como base fundamental de su metabolismo, son la fuente primaria de producción de energía en las células, además de servir como reserva de energía y jugar un papel estructural muy importante. Los carbohidratos son las biomoléculas más abundantes en la naturaleza y la mayoría de ellos están formados por carbono, hidrógeno y oxígeno. Se encuentran en forma individual, es decir, como monosacáridos, en forma asociada formando disacáridos (dos monosacáridos), trisacáridos (tres monosacáridos), etc., hasta generar moléculas muy complejas como los almidones y celulosa principalmente.

Los carbohidratos participan en una gran diversidad de funciones biológicas, como fuente de energía (glucosa), como elementos estructurales (celulosa y quitina), como precursores en la formación de otras biomoléculas (aminoácidos, lípidos, purinas y piridinas) y como parte integral de otras biomoléculas (gluco conjugados).

### 2.1.1 Clasificación de los carbohidratos

Los carbohidratos, también conocidos como hidratos de carbono o glúcidos se clasifican en monosacáridos, disacáridos y polisacáridos, según el número de unidades de azúcares sencillos que contengan de acuerdo con la siguiente fórmula general  $(\text{CH}_2\text{O})_n$  donde el subíndice  $n$  indica el número de carbonos de la molécula del carbohidrato es decir, si es triosa (tres átomos de carbono), tetrosas (4 átomos de carbono), pentosa (5 átomos de carbono) o hexosa (6 átomos de carbono). Así, por ejemplo, la fórmula de la glucosa, que es una hexosa es  $(\text{CH}_2\text{O})_6$  es decir,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .

A continuación, se describe la estructura y función de los hidratos de carbono de acuerdo con su clasificación: monosacáridos, disacáridos y polisacáridos.

### 2.2 Estructura de los monosacáridos.

Los azúcares son las unidades básicas de los carbohidratos, siendo los monosacáridos los azúcares más sencillos. Éstos no pueden ser hidrolizados en otros compuestos más simples. Estos compuestos son solubles en agua e insolubles en etanol y éter, en general tienen sabor dulce y su apariencia es cristalina y blanca.

Los monosacáridos se dividen en dos grandes grupos diferenciados por el grupo funcional presente en la molécula. Aquellos que poseen un grupo aldehído ( $-\text{CHO}$ ) se denominan aldosas, mientras los que poseen un grupo cetona ( $-\text{C}=\text{O}$ ) se denominan cetosas.

Los monosacáridos más abundantes en las células son las pentosas y hexosas, como la glucosa que es un azúcar de seis átomos de carbono que contiene un aldehído, denominada aldohexosa.

Las estructuras de los azúcares, se denominan estructuras de Fischer, representando a la molécula tridimensional como si fuera plana, cuyo esqueleto hidrocarbonado se dibuja en

forma vertical con el carbono más oxidado en la parte superior. Se conjetura que las líneas horizontales se proyectan hacia el observador y que las líneas verticales se alejan de él.

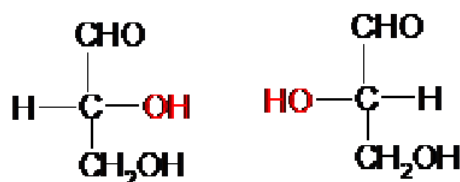
En la representación de la glucosa puedes observar que los carbonos 2, 3, 4 y 5 son carbonos asimétricos, es decir el grupo  $\text{-OH}$  puede aparecer dibujado hacia la izquierda o hacia la derecha de la cadena carbonada, dando lugar a diversas moléculas estructuralmente diferentes, que aunque tienen el mismo número y clase de átomos tienen propiedades, químicas, físicas y biológicas muy distintas entre sí. A estas moléculas se les denomina “isómeros” (estereoisómeros, isómeros ópticos). Todos los monosacáridos (a excepción de la dihidroxiacetona) son ópticamente activos y presentan carbonos asimétricos cuyas conformaciones posibles se denominan isómeros D y L.

Dichas conformaciones estructurales (D o L) permiten desviar el plano de la luz polarizada debido a la presencia de los carbonos asimétricos. Las moléculas que desvían la luz hacia la derecha se les denomina dextrógiras o dextro rotatorias o simplemente D, mientras que las moléculas que desvían la luz hacia la izquierda se denominan levógiras o levo rotatorias o simplemente L. ¿Cómo determinar si un monosacárido es D o L

Es sencillo se debe identificar el último carbono asimétrico, es decir, el más alejado del grupo funcional.

- Sí la posición del  $\text{-OH}$  en este carbono está a la derecha, en la nomenclatura se antepone la letra D.
- Mientras que sí está a la izquierda, se antepone la letra L.

El gliceraldehído es un caso interesante ya que la forma D y L son imágenes especulares (como sí se vieran frente a un espejo) entre sí por lo que se dice que son isómeros quirales, enantiómeros o enantiómeros.



Isómeros quirales del gliceraldehído, D- Gliceraldehído y L Gliceraldehído respectivamente. Curtis, 2009

Entre mayor cantidad de carbonos asimétricos, llamados también carbonos quirales, tenga un monosacárido, mayor será el número de isómeros ópticos posibles. El número total de éstos puede determinarse utilizando la regla de van't Hoff, cuya fórmula está dada por  $2^n$



donde  $n$  es el número de carbonos asimétricos presentes en la molécula, teniendo un máximo de  $2^n$  estereoisómeros posibles.

Por ejemplo, cuando  $n$  es igual a 4 átomos de carbono asimétricos, existen 24 o 16 estereoisómeros posibles (8D y 8L).

La mayoría de los azúcares naturales tienen conformación D y pueden considerarse derivadas de la triosa D-gliceraldehído (las aldosas) o de la triosa no quiral dihidroxiacetona (las cetosas). Esto último quiere decir que la dihidroxiacetona no tiene un carbono asimétrico, pero es claramente el compuesto de referencia para las cetosas.

Dentro del organismo los azúcares que tienen conformación D tienen una mayor importancia biológica, ya que esta característica permite el reconocimiento selectivo por parte de las enzimas que degradan los carbohidratos de los alimentos, uniéndose a azúcares D, pero no a sus isómeros L.

Existen otras formas de representar a los carbohidratos a parte de la de Fischer, ya que los azúcares cuando tienen 4 o más átomos de carbono, se encuentran generalmente en forma cíclica. W.N. Haworth ideó una forma más exacta de representar los azúcares cíclicos utilizando un enlace largo para indicar la estructura de anillo, representando de forma más apropiada los ángulos y las longitudes de los enlaces en comparación a las proyecciones de Fischer.

La representación de silla o estructuras conformacionales es otra forma de representar la estructura de los carbohidratos en su forma más estable, ilustrando la naturaleza fruncida de los anillos de los azúcares.

### 2.3 Propiedades químicas y biológicas de los monosacáridos.

#### Funciones biológicas

Los monosacáridos, especialmente la glucosa, constituyen la principal fuente de energía celular.

Por ejemplo la oxidación completa de un mol de glucosa produce 673 kilocalorías. También forman parte de moléculas más complejas. Por ejemplo la ribosa y desoxirribosa, componentes de los ácidos nucleicos.

Otros monosacáridos presentan alguno de sus grupos OH sustituidos por otros átomos. Se conocen como azúcares derivados, y en su mayoría son monómeros de heteropolisacáridos que cumplen funciones estructurales.

## 2.4 Estructura molecular de los disacáridos

Es cuando dos monosacáridos están asociados por uniones químicas de tipo covalente, se denomina enlace glucosídico. Un monosacárido está unido a través de su átomo de carbono anomérico al grupo hidroxilo del carbono 4 de un segundo monosacárido. El enlace glucosídico se denomina 1,4.

Los monosacáridos tienen gran interés, por ser los monómeros constituyentes de todos los glúcidos. También se presentan libres y actúan como nutrientes de las células para la obtención de energía, o como metabolitos intermediarios de importantes procesos biológicos, como la respiración celular y la fotosíntesis.

## 2.5 Propiedades químicas y biológicas de los disacáridos.

Las propiedades de los disacáridos son semejantes a las de los monosacáridos: son sólidos cristalinos de color blanco, sabor dulce y solubles en agua.

Unos pierden el poder reductor de los monosacáridos y otros lo conservan. Si en el enlace O-glucosídico intervienen los -OH de los dos carbonos anoméricos (responsables del poder reductor) de ambos monosacáridos, el disacárido obtenido no tendrá poder reductor. Según el tipo de enlace y los monosacáridos implicados en él, hay distintos disacáridos.

## 2.6 Estructura molecular de los polisacáridos

Son conocidos también como glucanos y son moléculas formadas por grandes cantidades de monosacáridos a través de enlaces glucosídicos. Los polisacáridos más pequeños son los

oligosacáridos que son polímeros que contienen hasta 10 o 15 unidades de monosacáridos. La cadena de los oligosacáridos no necesariamente debe ser lineal, de hecho, en la naturaleza es común encontrar oligosacáridos ramificados y se encuentran con mayor frecuencia unidos a polipéptidos en ciertas glucoproteínas y algunos glucolípidos. Los oligosacáridos mejor caracterizados son los que se encuentran unidos a la membrana y a proteínas secretoras.

Los oligosacáridos pueden formar enlaces N - glucosídicos y enlaces O – glucosídicos. En las glucoproteínas, el enlace N se forma cuando el oligosacárido se une a una proteína a través de la unión con el grupo amida de la cadena lateral de la asparagina, mientras que el enlace O se presenta cuando se enlazan el carbohidrato con el grupo –OH de la cadena lateral de los aminoácidos serina o treonina en cadenas polipeptídicas

## 2.7 Propiedades químicas y biológicas de los polisacáridos.

Los polisacáridos pueden descomponerse, por hidrólisis de los enlaces glucosídicos entre residuos, en polisacáridos más pequeños, así como en disacáridos o monosacáridos. Su digestión dentro de las células, o en las cavidades digestivas, consiste en una hidrólisis catalizada por enzimas digestivas (hidrolasas) llamadas genéricamente glucosidasas, que son específicas para determinados polisacáridos y, sobre todo, para determinados tipos de enlace glucosídico. Así, por ejemplo, las enzimas que hidrolizan el almidón, cuyos enlaces son del tipo llamado  $\alpha(1 \rightarrow 4)$ , no pueden descomponer la celulosa, cuyos enlaces son de tipo  $\beta(1 \rightarrow 4)$ , aunque en los dos casos el monosacárido es el mismo. Las glucosidasas que digieren los polisacáridos, que pueden llamarse polisacaridasas, rompen en general uno de cada dos enlaces, liberando así disacáridos y dejando que otras enzimas completen luego el trabajo.

En la formación de cada enlace glucosídico «sobra» una molécula de agua, igual que en su ruptura por hidrólisis se consume una molécula de agua, así que en una cadena hecha de n monosacáridos habrá n-1 enlaces glucosídicos. Partiendo de que la fórmula general, no sin excepciones, de los monosacáridos es:  $C_xH_{2x}O_x$  se deduce fácilmente que los polisacáridos responderán casi siempre a la fórmula general:  $C_x(H_2O)_x - 1$ .

Los polisacáridos representan una clase importante de polímeros biológicos. Su función en los organismos vivos está relacionada usualmente con estructura o almacenamiento.

El almidón es usado como una forma de almacenar monosacáridos en las plantas, siendo encontrado en la forma de amilosa y la amilopectina (ramificada).

En animales, se usa el glucógeno en vez de almidón el cual es estructuralmente similar pero más densamente ramificado. Las propiedades del glucógeno le permiten ser metabolizado más rápidamente, lo cual se ajusta a la vida activa de los animales con locomoción.

## 2.8 Digestión de los carbohidratos

Para entender el funcionamiento de los carbohidratos dentro de nuestro organismo imagina un emocionante recorrido desde que los alimentos ingresan por la boca, hasta que llegan a realizar su función dentro de las células, ya que éstas emplean compuestos orgánicos simples como los monosacáridos, aminoácidos, ácidos grasos y nucleótidos para realizar sus funciones, para reponer estructuras, para sintetizar nuevas células y para generar energía. Estos componentes provienen de moléculas más complejas proporcionadas al organismo a través de los alimentos.

El proceso de digestión comienza con los dientes y la lengua, es decir, la masticación que implica triturar mecánicamente los alimentos en fragmentos más pequeños para favorecer la acción de las enzimas y que puedan ser ingeridos. Dentro de la boca, la saliva juega un papel importante en el inicio de la degradación de los alimentos ya que contiene enzimas salivales, como la ptilina y la amilasa-□, que inicia la hidrólisis de los enlaces glucosídicos del almidón, específicamente las amilopectinas, formándose el bolo alimenticio que pasa por deglución al esófago.

En el esófago o tracto digestivo se lleva a cabo contracciones musculares mediante movimientos llamados peristalsis, participando en una digestión mecánica, es decir, no hay digestión química dentro del esófago, únicamente conduce el bolo alimenticio hasta el estómago.

En el estómago se secretan los jugos gástricos, compuesto por ácido clorhídrico y enzimas como la pepsina y la lipasa, que actúan sobre proteínas y lípidos respectivamente.

La acidez del estómago inactiva la amilasa, pero la longitud del almidón ya se ha reducido de varios millares a menos de ocho unidades de glucosa. El jugo gástrico actúa con el bolo alimenticio para conformar una mezcla llamada quimo que pasa al intestino delgado por contracción del músculo del estómago.

El quimo pasa al duodeno que es la primera parte del intestino delgado y donde se lleva a cabo la mayor cantidad de digestión química, para degradar a los alimentos en sus componentes más simples. En este punto actúan el jugo intestinal, el jugo pancreático que es depositado por el páncreas y la bilis, sustancia que se almacena en la vesícula biliar. Estos contienen diversas enzimas, como tripsina, amilasa- $\alpha$ -pancreática y lipasa pancreática que actúan sobre las proteínas, carbohidratos y lípidos respectivamente, para continuar con su degradación. Los carbohidratos como las dextrinas y los oligosacáridos que han quedado de la digestión salival son atacados por diferentes enzimas específicas para cada fragmento. Las dextrinas y la digestión de los almidones continúan en el intestino delgado en donde la amilosa del almidón es cortada por las enzimas amilasa- $\alpha$ -pancreática que es similar a la enzima salivar,  $\alpha$ -dextrinas y gluco amilasa. La amilasa- hidroliza al azar todos los enlaces glucosídico, excepto aquellos cercanos a los puntos de ramificación.

Los productos de la amilasa- son la maltosa, el trisacárido maltotriosa y las dextrinas límite. Otras enzimas sintetizadas en las células epiteliales que recubren el intestino delgado continúan convirtiendo estas moléculas intermediarias en glucosa.

El jugo intestinal también es encargado de la digestión de los disacáridos a través de enzimas sintetizadas en las células epiteliales que recubren el intestino delgado. Por ejemplo, la enzima sacarasa convierte la sacarosa en moléculas de fructosa y glucosa, mientras que la enzima la maltasa hidroliza el disacárido maltosa en dos moléculas de glucosa y la enzima lactasa hidroliza la lactosa para formar moléculas de galactosa y glucosa. Debido a que los carbohidratos se absorben principalmente en forma de monosacáridos, cuando existe deficiencia de alguna de estas enzimas, los disacáridos quedan sin digerir en el intestino delgado provocando síntomas desagradables, debido a que la presión osmótica extrae agua de los tejidos circundantes, provocando diarrea. Las bacterias del colon digieren a los disacáridos fermentándolos, provocando gas, distensión y dolor cólico.

La intolerancia a la lactosa es la más común, ésta se origina por la gran reducción de la enzima lactasa tras la infancia y sucede en la mayoría de los adultos. Ésta se trata eliminando la fuente de lactosa de la alimentación (leche y sus derivados) o en algunos casos tratando los alimentos con la enzima lactasa.

La absorción de los carbohidratos obtenidos de la digestión continúa en las células intestinales, a través de los vasos capilares que las llevan al torrente sanguíneo para ser transportadas al hígado en donde son transformados y almacenados en forma de glucógeno. Los primeros en absorberse son la hexosas (glucosa, fructosa, galactosa y manosa), posteriormente las pentosas pero de una forma más lenta. Este proceso ocurre en contra de gradiente de concentración por lo cual necesita de un transportador llamado “transportador activo de la glucosa” y requiere de  $\text{Na}^+$  para un óptimo funcionamiento. La peristalsis también favorece el proceso de absorción, a través del intestino delgado (yeyuno e íleon) y por el intestino grueso, para llegar finalmente a expulsar lo que no fue absorbido.

Una vez que las hexosas han llegado al hígado, éstas son convertidas en glucosa mediante las enzimas isomerasas, lo cual es necesario para convertir la glucosa en glucógeno hepático que es almacenado como fuente de energía. Esta transformación se lleva a cabo mediante un proceso de síntesis denominado gluconeogénesis y cuando este glucógeno hepático requiere ser transformado nuevamente en glucosa se lleva a cabo otro proceso denominado glucogenólisis. Más adelante revisarás ambos procesos metabólicos a detalle.

Cuando todas las hexosas que ya fueron transformadas en el hígado, en moléculas de glucosa, llegan al resto del cuerpo, son absorbidas por las células mediante los receptores SGLT (transportadores de glucosa asociados al sodio) y GLUT (sistemas facilitadores del transporte de glucosa), llamadas también proteínas acarreadoras. Dentro de las células y en condiciones aeróbicas, la glucosa es transformada a través de diferentes reacciones mediante los procesos metabólicos denominados glucólisis, ciclo de Krebs, transporte electrónico y fosforilación oxidativa para producir la molécula energética ATP. Este proceso se conoce como respiración celular y es por eso por lo que los carbohidratos son la principal fuente de energía para el organismo.

## 2.9 Descripción de Procesos Metabólicos de los Principales Carbohidratos en

### Veterinaria

En el campo veterinario, los procesos metabólicos de los carbohidratos son fundamentales para entender cómo los animales obtienen y utilizan la energía necesaria para sus funciones vitales. Los carbohidratos, como la glucosa, son la principal fuente de energía en los animales.

El proceso comienza con la digestión de los carbohidratos en el tracto gastrointestinal, donde se descomponen en monosacáridos, principalmente glucosa, que es absorbida en el intestino delgado. Una vez en la sangre, la glucosa es utilizada por las células a través de la glucólisis, un proceso en el que la glucosa se convierte en piruvato, generando ATP. El piruvato puede ingresar al ciclo de Krebs en presencia de oxígeno, produciendo más ATP, o convertirse en lactato en condiciones anaeróbicas.

Los carbohidratos también se almacenan como glucógeno en el hígado y los músculos a través de la glicogénesis. Durante períodos de ayuno o actividad intensa, el glucógeno se descompone mediante la glicogenólisis para liberar glucosa en la sangre. Además, en situaciones de déficit de glucosa, los animales pueden sintetizar glucosa a partir de precursores no carbohidratos mediante la gluconeogénesis.

En los rumiantes, los carbohidratos de la dieta son fermentados en el rumen, produciendo ácidos grasos volátiles que sirven como fuente de energía principal en lugar de la glucosa directa.

Estos procesos metabólicos son esenciales para la salud y el rendimiento de los animales, y cualquier alteración en ellos puede llevar a enfermedades metabólicas que requieren atención veterinaria.

## 2.10 Principales Enfermedades Metabólicas Relacionadas con Carbohidratos

Las enfermedades metabólicas relacionadas con los carbohidratos en animales son comunes y pueden tener graves consecuencias para la salud y el bienestar animal. Estas enfermedades suelen surgir por desequilibrios en el metabolismo de los carbohidratos, que afectan la regulación de la glucosa en sangre y el uso eficiente de la energía.

Una de las principales enfermedades es la diabetes mellitus, caracterizada por la incapacidad del organismo para regular adecuadamente los niveles de glucosa en sangre debido a la deficiencia o resistencia a la insulina. Esto puede llevar a hiperglucemia persistente, causando daños en órganos y sistemas.

Otra enfermedad importante es la cetosis bovina, que ocurre principalmente en vacas lecheras durante el período de alta producción de leche. En esta condición, la falta de glucosa lleva a un aumento en la movilización de grasas corporales, resultando en la producción excesiva de cuerpos cetónicos que pueden causar acidosis y pérdida de apetito.

La laminitis en equinos es otra condición metabólica relacionada con la ingesta excesiva de carbohidratos fermentables, que conduce a una inflamación dolorosa del tejido que conecta el casco con el hueso del pie, afectando gravemente la movilidad del animal.

Estas enfermedades subrayan la importancia de una gestión adecuada de la nutrición y el manejo de los animales para prevenir desequilibrios metabólicos. La intervención temprana y un manejo dietético adecuado son esenciales para controlar y prevenir estas condiciones en la práctica veterinaria.

## UNIDAD III

### Proteínas

#### 3.1 Definición de proteínas, clasificación y estructura química

Las proteínas, al igual que los carbohidratos y los ácidos grasos son constituyentes esenciales para la vida y forman parte de todos los organismos vivos. Tienen diversas funciones, entre ellas procesos de reparación, de transporte (vitaminas, minerales, oxígeno y combustibles), de defensa, de reserva, de regulación metabólica, de catálisis y construcción de estructuras celulares tan complejas como el músculo esquelético, huesos, cabello, uñas, piel y tejidos, forman parte del código genético que determina las características hereditarias y de la hemoglobina que transporta el oxígeno en la sangre, lo que implica que en la mayoría de las tareas que realiza la célula participan las proteínas.

Aunque existen más de 300 aminoácidos, todas las proteínas son sintetizadas por únicamente por 20 aminoácidos, algunos de ellos son codificados por el ADN, formando



secuencias lineales (polímeros) de aminoácidos unidos mediante enlaces peptídicos, para luego adoptar estructuras tridimensionales muy complejas en su función.

### 3.1.1 Niveles de Organización de las Proteínas

Las proteínas, moléculas esenciales para la vida, presentan una organización estructural jerárquica que se clasifica en cuatro niveles: primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria. Cada nivel de organización es crucial para la función biológica de las proteínas.

1. Estructura Primaria: Es la secuencia lineal de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos. La disposición de estos aminoácidos determina la estructura y función final de la proteína.
2. Estructura Secundaria: Se refiere a la formación de estructuras regulares como las hélices alfa y las láminas beta, estabilizadas por enlaces de hidrógeno entre los grupos amida y carbonilo del esqueleto proteico.
3. Estructura Terciaria: Es el plegamiento tridimensional de la proteína, donde las hélices y láminas se organizan en una estructura global compacta. Este nivel está estabilizado por interacciones entre las cadenas laterales de los aminoácidos, como puentes disulfuro, interacciones hidrofóbicas, enlaces iónicos y más.
4. Estructura Cuaternaria: Algunas proteínas constan de más de una cadena polipeptídica, y su estructura cuaternaria describe la disposición y organización de estas subunidades en un complejo funcional.

Cada uno de estos niveles de organización es esencial para la actividad biológica de las proteínas, permitiéndoles desempeñar sus funciones específicas en procesos como la catálisis enzimática, el transporte de moléculas, la señalización celular y la estructura del tejido. La alteración en cualquiera de estos niveles puede llevar a disfunciones y enfermedades.

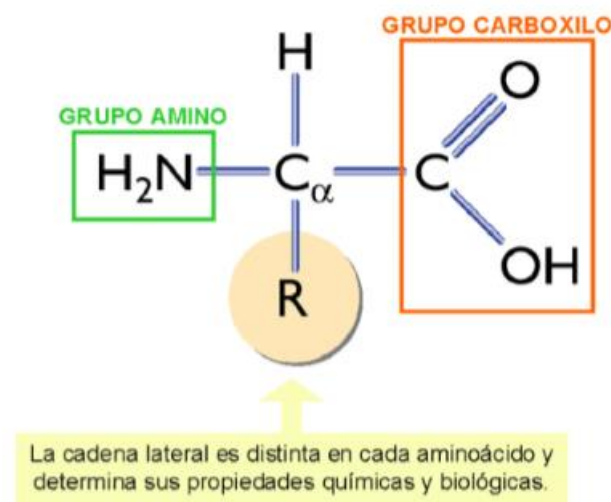
### 3.2 Estructura y clasificación de los aminoácidos.

Vamos a comenzar con una revisión de las estructuras básicas que conforman a las proteínas, es decir, las estructuras y propiedades químicas de los aminoácidos.

Los aminoácidos son compuestos orgánicos constituidos por un grupo amino (-NH<sub>2</sub>), un grupo carboxilo (-COOH), un átomo de hidrógeno (-H) y una cadena lateral específica para cada aminoácido denominada (-R), que confiere a cada aminoácido propiedades únicas.

Los aminoácidos poseen propiedades ácidas y básicas, ya que el grupo carboxilo es un ácido débil (-COO<sup>-</sup>), mientras que el grupo amino es una base débil (-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>). A esta propiedad se le define con el término anfótero, es decir, cada aminoácido puede comportarse como un ácido o como una base.

La fórmula general de un aminoácido es el siguiente:



Las proteínas se pueden clasificar por su función y estructura, vamos a revisar cada una de ellas:

Por su función

- Proteínas estructurales

Son responsables de la forma y estabilidad de las células y tejidos, en este grupo encontramos al colágeno e histonas.

- Proteínas de transporte

Son responsables de transportar diversas moléculas a través del torrente sanguíneo o membrana celular, en este grupo ubicamos a la hemoglobina, la albúmina y proteínas de los canales iónicos.

- Proteínas de defensa

Participando como un componente importante del sistema inmune para la protección del organismo ante patógenos y sustancias extrañas, en este grupo ubicamos a las inmunoglobulinas.

- Proteínas reguladoras
- Participando en las cadenas de señales bioquímicas como señalizadores y receptores, como ejemplo tenemos a las hormonas (somatotropina, insulina, entre otras).

- Proteínas catalíticas

Funcionan como aceleradores de diversas reacciones químicas, mejor conocidas como enzimas, que constituyen el grupo más grande de proteínas.

- Proteínas motoras

Responsables de la contracción muscular y otros procesos que implican movimiento, entre las que encontramos a la actina y miosina.

Por su estructura

- Proteínas simples

Están compuestas solo por aminoácidos, por ejemplo, la albumina, globulina, escleroproteínas

- Proteínas complejas

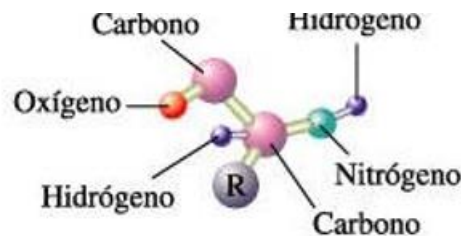
Están unidas a un grupo no proteico denominado grupo prostético, por ejemplo, lipoproteínas, cromoproteínas, glucoproteínas, nucleoproteínas

Las proteínas se organizan en grandes cadenas y suelen combinarse dando lugar a estructuras más complejas, ahora se revisará los niveles estructurales de las proteínas.

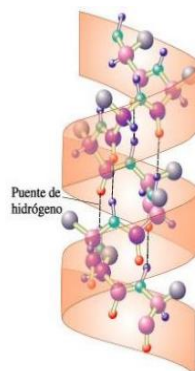
Niveles estructurales de las proteínas

- La estructura primaria, consiste en la secuencia de aminoácidos de las moléculas, formando estructuras lineales sin ramificaciones, conocidas también como

polipéptidos. Los aminoácidos se encuentran unidos mediante uniones peptídicas, las cuales se forman por una reacción de síntesis entre el grupo carboxilo del primer aminoácido con el grupo amino del segundo aminoácido. Por convención, el aminoácido terminal (N-terminal) se considera el primer residuo y la secuencia de aminoácidos se escribe de izquierda a derecha.



- La estructura secundaria se refiere a la estructura local de los polipéptidos cuando éstos interactúan mediante enlaces o puentes de hidrógeno entre el oxígeno del grupo carbonilo de una cadena polipeptídica con el hidrógeno del grupo amida de otra cadena polipeptídica próxima, lo que consta de varios patrones repetitivos. La estructura secundaria con mayor frecuencia es la hélice  $\alpha$  y la hoja  $\beta$  plegada. La hélice  $\alpha$  es una estructura rígida en forma de varilla, fuertemente enrollada en una conformación helicoidal dextrógira. Las cadenas laterales de los residuos de los aminoácidos se extienden por fuera del eje de la espiral. Los puentes de hidrógeno se forman entre el grupo amida de cada aminoácido y el carboxilo del aminoácido que se encuentra cuatro residuos más adelante, los que ocasiona la formación de la espiral.



La estructura de hoja B- plegada se forma cuando se alinean dos o más segmentos de la cadena polipeptídica de forma paralela o antiparalela formando láminas plegadas. La estructura está extendida por completo, pero no es plana.

Las láminas plegadas B, están estabilizadas por enlaces de hidrógeno que se forman entre los grupos  $-NH$  y carbonilo de los aminoácidos de las cadenas adyacentes. Secuencias de la cadena polipeptídica con estructura alfa o beta, a menudo están conectadas entre sí por medio de los llamados giros beta. Son secuencias cortas, con una conformación característica que impone un brusco giro de 180 grados a la cadena principal de un polipéptido.

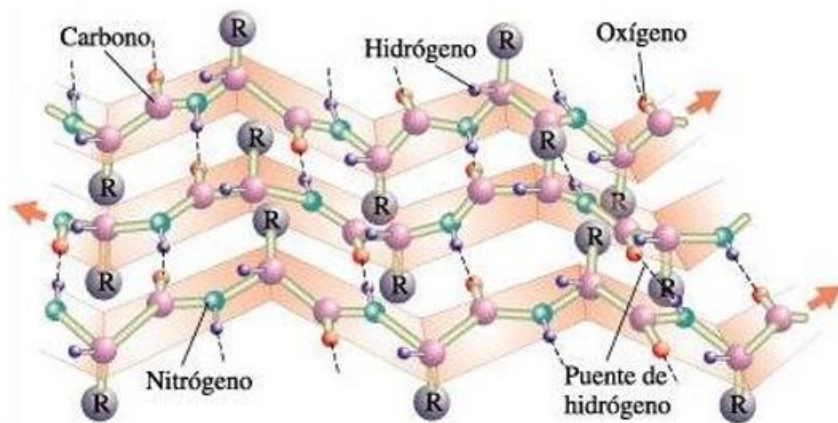
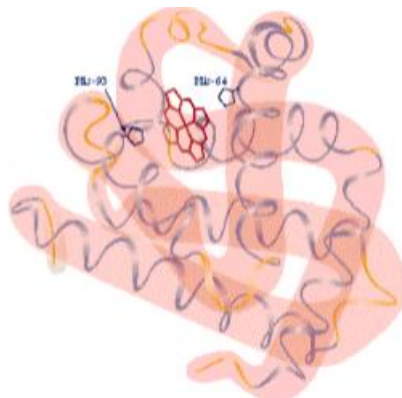


Figura 10. Estructura secundaria: hoja B plegada. Lehninger 2012

- La estructura terciaria de una proteína se refiere a la forma tridimensional, superplegada y enrollada en sus estructuras nativas y biológicamente activa de la proteína. Esta estructura refleja la forma global de la proteína, que está estabilizada por interacciones entre grupos funcionales de las cadenas laterales, como puentes disulfuro covalente, puentes de hidrógeno, puentes salinos o interacciones electrostáticas, e interacciones hidrofóbicas, adquiriendo una estructura muy organizada. La estructura terciaria tiene varias características importantes, por ejemplo; muchos polipéptidos se pliegan de tal forma que aminoácidos distantes en la estructura primaria quedan cerca. Las proteínas se compactan debido al plegamiento, de tal forma que los aminoácidos hidrófobos quedan dentro y los aminoácidos hidrófilicos quedan por fuera, permitiendo interacciones entre los grupos polares y no polares. Las proteínas muy grandes, es decir, con más de 300 residuos de aminoácidos suelen contener varias subunidades denominadas

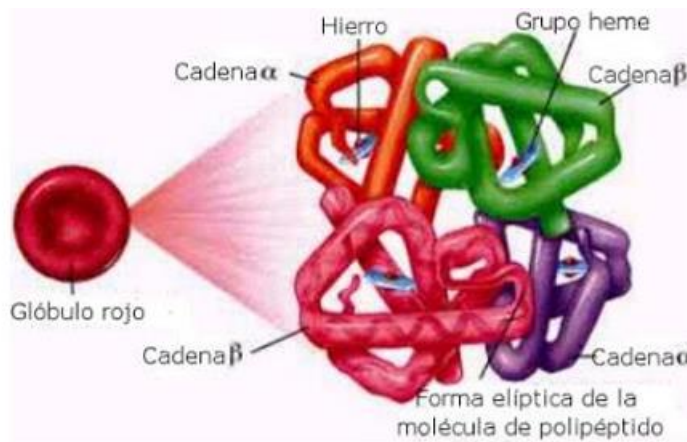
dominios, que son proteínas independientes, con funciones específicas que forman una proteína mayor.

Hay dos tipos de proteínas según su estructura terciaria: Las proteínas fibrosas cuya estructura tiene forma de lámina o de fibra, se forman por repetición de estructuras secundarias simples, generalmente tienen una función estructural (músculo esquelético). Las proteínas globulares tienen una estructura terciaria más compleja, formada a partir de varias estructuras secundarias diferentes, suelen tener funciones de naturaleza dinámica, como de transporte o catálisis.



- La estructura cuaternaria está formada por varias cadenas polipeptídicas iguales o diferentes para formar un complejo o un ensamblaje de más de dos subunidades proteicas unidas por interacciones no covalentes, aunque en algunos casos son enlaces covalentes. Las proteínas con múltiples subunidades (iguales o diferentes) se denominan oligómeros, mientras que los oligómeros a su vez están formados por protómeros que pueden estar formados por una o varias subunidades. Un gran número de proteínas oligoméricas contienen dos o cuatro subunidades protoméricas, denominadas dímeros y tetrámeros respectivamente. Estas subunidades pueden tener funciones reguladoras y catalíticas. La hemoglobina es una

proteína tetramérica, mientras que la ATPasa mitocondrial de corazón de vaca tiene 10 protómeros.



Las proteínas pueden clasificarse de acuerdo con su composición: Las proteínas simples o haloproteínas, son las que están compuestas exclusivamente por aminoácidos. Las proteínas conjugadas o heteroproteínas, están compuestas de aminoácidos, pero tienen otra sustancia de naturaleza no proteica que recibe el nombre grupo prostético, estos grupos pueden ser carbohidratos, lípidos, metales o grupos fosfato, denominadas glucoproteínas, lipoproteínas, metaloproteínas y fosfoproteínas respectivamente.

### 3.3 Estereoisómeros y propiedades ópticas de los aminoácidos.

En los aminoácidos tienen un carbono central o carbono que dispone una configuración tetraédrica, lo que tiene implicaciones significativas sobre la estructura y función de los aminoácidos. L

a posición del grupo amino (izquierda o derecha del carbón -□) determina si un aminoácido es a-L-aminoácido o D-aminoácido respectivamente, sin embargo, las proteínas sólo están formadas por aminoácidos con configuración L.

Funciones de los aminoácidos

Los aminoácidos cumplen con múltiples funciones, como son:

1. Precursores de neurotransmisores y hormonas
2. Metabolitos intermediarios de vías metabólicas
3. Forman parte de otras moléculas (coenzimas)
4. Forman aminas biógenas, moléculas con acción fisiológica importante
5. Constituyen los precursores de los péptidos y las proteínas.

Los aminoácidos pueden clasificarse según la capacidad que tienen para interactuar con el agua en relación con su cadena lateral (-R) que es la que determina la estructura, función y carga eléctrica de la molécula.

Utilizando ese criterio pueden clasificarse en cuatro clases:

- 1) no polares,
- 2) polares,
- 3) ácidos y
- 4) básicos.

Los aminoácidos no polares, contienen principalmente grupos R hidrocarbonados sin cargas positivas o negativas. Estos aminoácidos hidrófobos y son importantes en la conformación estructural de las proteínas, se encuentran enterrados en el interior hidrofóbico de la proteína, fuera del contacto con el agua.

Dentro de este grupo se encuentran los aminoácidos aromáticos y los aminoácidos alifáticos, cuyas cadenas son hidrocarburos aromáticos (benceno) y no aromáticos (metano, ciclohexano) respectivamente.

Los aminoácidos polares, por su parte poseen grupos funcionales capaces de formar puentes de hidrógeno que interactúan con el agua, es decir, son hidrófilos o “afines al agua”. Estos aminoácidos contienen grupos hidroxilo o amida en su grupo lateral, los cuales se encuentran muchas de las veces en los sitios activos de las enzimas o participan en la regulación del metabolismo energético, como es el caso de la serina y la treonina. La asparagina y la glutamina en condiciones fisiológicas no tienen carga, pero su capacidad de formar puentes de hidrogeno tiene un efecto significativo en la estabilidad de la proteína.



La serina, la asparagina y la treonina participan en la unión de los azúcares con las proteínas para la formación de glucoproteínas

Los aminoácidos ácidos tienen cadenas laterales con grupos carboxilato (ácido carboxílico) que se ionizan a pH 7.0 (pH fisiológico), presentando cargas negativas. En estado ionizado el ácido glutámico y el ácido aspártico, se denominan glutamato y aspartato respectivamente.

Los aminoácidos básicos a pH fisiológico tienen una carga positiva, por lo tanto, pueden formar enlaces iónicos con los aminoácidos ácidos. Entre ellos se encuentran la Lisina, la arginina y la histidina.

Los aminoácidos que nuestro organismo no pueden sintetizar, se les denomina aminoácidos esenciales, ya que la fuente de éstos es exclusivamente a través de la dieta. Los aminoácidos esenciales son nueve: histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina. Algunos alimentos que los contienen son la carne, los huevos, los lácteos y algunos vegetales como la soya, espelta y quinoa.

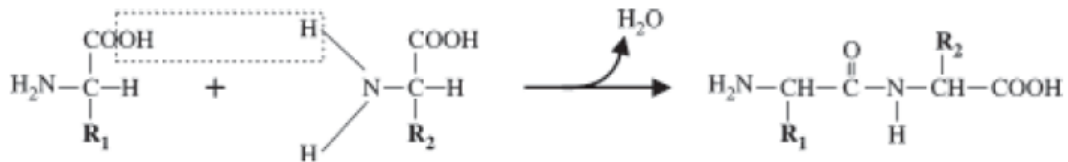
Por otro lado, los aminoácidos no esenciales, son los que nuestro organismo si puede sintetizar aun cuando no los obtengamos de los alimentos que consumimos. Entre ellos se encuentran la alanina, la asparagina, el ácido aspártico y el ácido glutámico.

Los aminoácidos no están presentes en forma aislada, están organizados en estructuras más complejas que dan lugar a los péptidos y las proteínas, que a continuación se presenta.

La polimerización de los aminoácidos origina los péptidos y las proteínas, que toman su nombre de acuerdo con su peso molecular menor o mayor de 5000 dalton. La unión de 2 o más aminoácidos genera cadenas, aquellas constituidas de menos de 50 aminoácidos reciben el nombre de péptidos

Cada aminoácido que forma parte de una cadena peptídica se le denomina residuo, pues ha perdido un átomo de hidrógeno de su grupo amino y una porción hidroxilo de su grupo carboxilo, o uno de los dos, si ocupan los extremos de la cadena.

A la unión que sucede entre los aminoácidos se le denomina enlace peptídico y da lugar a la formación de los péptidos y las proteínas y es de tipo amida sustituida.

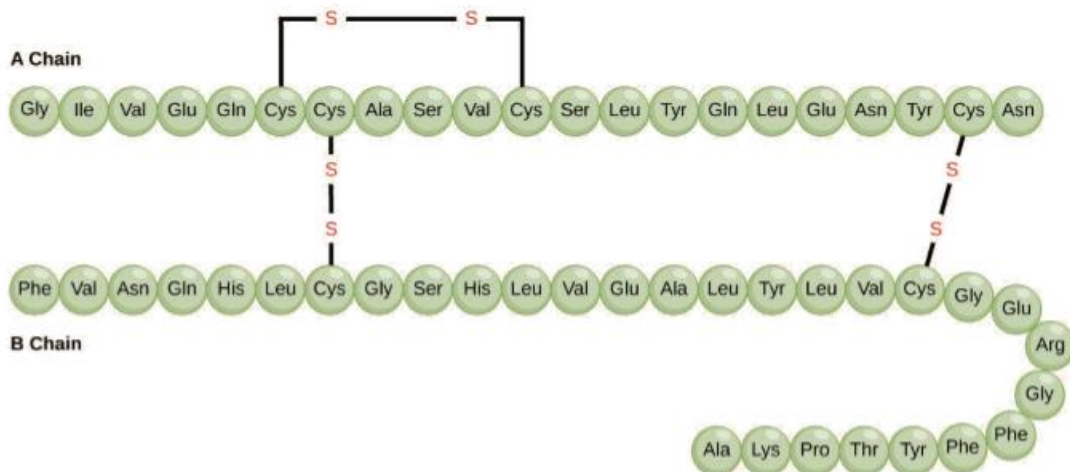


Se observa que el grupo carboxilo de un aminoácido reacciona con el grupo amino de otro aminoácido, se forma el enlace peptídico y se elimina una molécula de H<sub>2</sub>O.

Los péptidos pueden clasificarse de acuerdo con el número de aminoácidos constituyentes en:

- ✓ Dipéptidos, si contienen dos aminoácidos;
- ✓ Tripéptidos, si contienen tres aminoácidos;
- ✓ Tetrapéptido, si contienen cuatro aminoácidos; y así sucesivamente,
- ✓ o en general denominarse polipéptidos cuando están integrados por más de 7 residuos de aminoácidos, pero menos de 100.

Entre los péptidos más importantes encontramos a hormonas como el glucagón, la insulina y la calcitonina.



### 3.4 Propiedades químicas de los aminoácidos

- **Ácido-básicas.**  
Comportamiento de cualquier aminoácido cuando se ioniza. Cualquier aminoácido puede comportarse como ácido y como base, se denominan sustancias anfóteras.

Cuando una molécula presenta carga neta cero está en su punto isoeléctrico. Si un aminoácido tiene un punto isoeléctrico de 6,1 a este valor de pH su carga neta será cero

Los aminoácidos y las proteínas se comportan como sustancias tampón.

- Ópticas.  
Todos los aminoácidos excepto la glicina, tienen el carbono alfa asimétrico lo que les confiere actividad óptica; esto es, que desvían el plano de polarización cuando un rayo de luz polarizada se refracta en la molécula. Si el plano es a la derecha, se denominarán dextrógiras y las que lo desvían a la izquierda se denominan levógiras. Además, cada aminoácido puede presentar configuración D o L dependiendo de la posición del grupo amino en el plano. Esta última configuración D o L es independiente de las formas dextrógira o levógira.

Según el isómero, desviará el rayo de luz polarizada hacia la izquierda (levógiro) o hacia la derecha (dextrógiro) el mismo número de grados que su estereoisómero. El hecho de que sea dextrógiro no quiere decir que tenga configuración D. La configuración D o L depende de la posición del grupo amino (L si está a la izquierda según la representación de Fisher)

- Químicas.  
Las que afectan al grupo carboxilo (descarboxilación).  
Las que afectan al grupo amino (desaminación).  
Las que afectan al grupo R

### 3.5 Metabolismo de las Proteínas

El metabolismo de las proteínas es un proceso vital que involucra la digestión, síntesis, degradación y reciclaje de proteínas en el organismo. Comienza con la digestión de proteínas dietéticas en el sistema digestivo, donde se descomponen en aminoácidos. Estos aminoácidos son absorbidos en el intestino y transportados a las células, donde pueden ser utilizados para la síntesis de nuevas proteínas en los ribosomas, esenciales para el crecimiento, la reparación de tejidos y la producción de enzimas y hormonas.

Las proteínas en el cuerpo tienen una vida útil limitada y, cuando ya no son necesarias o están dañadas, se degradan en sus aminoácidos constituyentes, principalmente en el proteasoma. Estos aminoácidos pueden ser reutilizados o catabolizados mediante la desaminación, produciendo amoníaco, que es convertido en urea para su excreción, y cetoácidos, que pueden entrar en rutas metabólicas para la producción de energía o glucosa.

A diferencia de las macromoléculas que revisamos en la unidad anterior, en donde la digestión comienza con la saliva durante el proceso de masticación, la digestión de las proteínas comienza en el estómago en donde el ácido secretado activa la pepsina. Con ayuda del HCl, el pepsinógeno (zimógeno o pro-enzima secretado por la mucosa estomacal) es transformado a pepsina para favorecer en conjunto con el medio ácido, la desnaturalización de las proteínas.

La degradación de proteínas consiste en reacciones de hidrólisis a polipéptidos, tripéptidos, dipéptidos y finalmente aminoácidos que inicia con la pepsina. Esta enzima desdobla las proteínas y péptidos, actuando sobre sitios específicos de los enlaces peptídicos entre los aminoácidos fenilalanina, triptófano y tirosina.

Las proteínas parcialmente fraccionadas, pasan a intestino delgado como quimo y una vez en el duodeno, las enzimas pancreáticas: tripsina, quimotripsina, elastasa y carboipeptidasas A y B, continúan la digestión. La tripsina actúa sobre las uniones peptídicas de los grupos carboxilo de arginina y lisina. Estas enzimas transforman los polipéptidos en peptonas, para que posteriormente las peptidasas: aminopeptidasa y exopeptidasa, producidas por las células epiteliales de las vellosidades intestinales van hidrolizando a los aminoácidos, degradando repetidamente el residuo N-terminal de los oligopéptidos para producir aminoácidos libres y péptidos de tamaño pequeño. El resultado final de la digestión luminal de las proteínas en el intestino delgado es la obtención de fragmentos de oligopéptidos, dipéptidos y aminoácidos.

Los aminoácidos individuales así obtenidos son absorbidos en las vellosidades del íleon en el intestino delgado, mediante un mecanismo de transporte activo que utiliza energía y está acoplado al transporte de sodio, para dirigirse al hígado en donde se depositan un tiempo para luego ser transportados a través de la sangre hacia las células. Por su parte, los péptidos pequeños se absorben a través de pinocitosis por los enterocitos que son las células epiteliales del intestino delgado, en donde se terminan de hidrolizar para pasar en forma de aminoácidos libres a la vena porta

El metabolismo proteico está regulado por hormonas como la insulina, que promueve la síntesis de proteínas, y el glucagón y cortisol, que estimulan la degradación proteica en

condiciones de ayuno o estrés. Este equilibrio es crucial para mantener la homeostasis y la salud del organismo.

## Procesos Metabólicos Esenciales

El metabolismo celular se divide en dos procesos fundamentales: **catabolismo** y **anabolismo**. Ambos procesos son esenciales para mantener la vida, ya que están involucrados en la producción de energía y en la construcción de moléculas necesarias para la función y estructura celular.

### Catabolismo

El catabolismo es el conjunto de reacciones metabólicas que descomponen moléculas complejas en compuestos más simples, liberando energía en el proceso. Esta energía es almacenada en forma de ATP (adenosín trifosfato), que la célula utiliza para realizar diversas funciones.

- **Procesos Catabólicos Clave:**
  - **Glucólisis:** Descomposición de la glucosa en piruvato, generando ATP y NADH.
  - **Ciclo de Krebs:** Oxidación del acetil-CoA en el ciclo del ácido cítrico, produciendo CO<sub>2</sub>, NADH, FADH<sub>2</sub> y ATP.
  - **Beta-Oxidación de Ácidos Grasos:** Descomposición de ácidos grasos en acetil-CoA, que ingresa en el ciclo de Krebs para la producción de energía.
  - **Desaminación:** Eliminación del grupo amino de los aminoácidos, con la producción de energía y la formación de amoníaco, que es convertido en urea para su excreción.
- **Función del Catabolismo:**
  - El catabolismo proporciona la energía necesaria para que la célula realice sus funciones vitales, como la síntesis de proteínas, la contracción muscular, y la transmisión de señales nerviosas.
  - Además, genera los precursores necesarios para las rutas anabólicas.

### Anabolismo

El anabolismo es el conjunto de reacciones metabólicas que construyen moléculas complejas a partir de compuestos más simples, utilizando energía en el proceso. Este tipo de metabolismo es esencial para el crecimiento, la reparación y la síntesis de nuevas moléculas dentro de las células.

- **Procesos Anabólicos Clave:**
  - **Síntesis de Proteínas:** Ensamblaje de aminoácidos en proteínas, que son esenciales para la estructura y función celular.
  - **Síntesis de Ácidos Grasos y Lipogénesis:** Producción de ácidos grasos a partir de acetil-CoA, que luego se convierten en triglicéridos para el almacenamiento de energía.

- **Gluconeogénesis:** Síntesis de glucosa a partir de precursores no carbohidratos como lactato, glicerol y aminoácidos, especialmente importante durante el ayuno.
- **Síntesis de Ácidos Nucleicos:** Formación de ADN y ARN a partir de nucleótidos, que es crucial para la replicación celular y la transcripción genética.
- **Función del Anabolismo:**
  - El anabolismo permite el crecimiento y la reparación de tejidos, la producción de nuevas células, y la síntesis de biomoléculas que son fundamentales para la estructura y función de los organismos.
  - Es responsable del almacenamiento de energía en forma de glucógeno y grasa para su uso futuro.

#### Interrelación entre Catabolismo y Anabolismo

El catabolismo y el anabolismo están interrelacionados y forman parte del equilibrio metabólico del organismo, conocido como homeostasis. Mientras que el catabolismo libera la energía necesaria para llevar a cabo reacciones anabólicas, el anabolismo utiliza esa energía para construir y reparar estructuras celulares.

Este equilibrio es dinámico y varía según las necesidades energéticas del organismo, la disponibilidad de nutrientes y el estado fisiológico. Por ejemplo, durante el ejercicio intenso, el catabolismo predomina para suministrar energía, mientras que durante el descanso y la recuperación, el anabolismo toma el control para reparar y construir tejidos.

#### 3.5.1 Biosíntesis de Proteínas (Traducción)

La biosíntesis de proteínas es un proceso fundamental en el que las células producen nuevas proteínas, siguiendo las instrucciones codificadas en el ADN. Este proceso se divide en dos etapas principales: transcripción y traducción.

**Transcripción:** En esta primera etapa, la información genética almacenada en el ADN se transfiere a una molécula de ARN mensajero (ARNm). La enzima ARN polimerasa lee la secuencia de nucleótidos del ADN y sintetiza una cadena complementaria de ARNm. Este ARNm actúa como un intermediario que lleva las instrucciones desde el núcleo (donde se encuentra el ADN) hasta los ribosomas, donde se llevará a cabo la traducción.

**Traducción:** La traducción es el proceso mediante el cual la secuencia de nucleótidos en el ARNm se utiliza para ensamblar una cadena de aminoácidos, formando una proteína. Los ribosomas, junto con el ARN de transferencia (ARNt) y otros factores, leen la secuencia

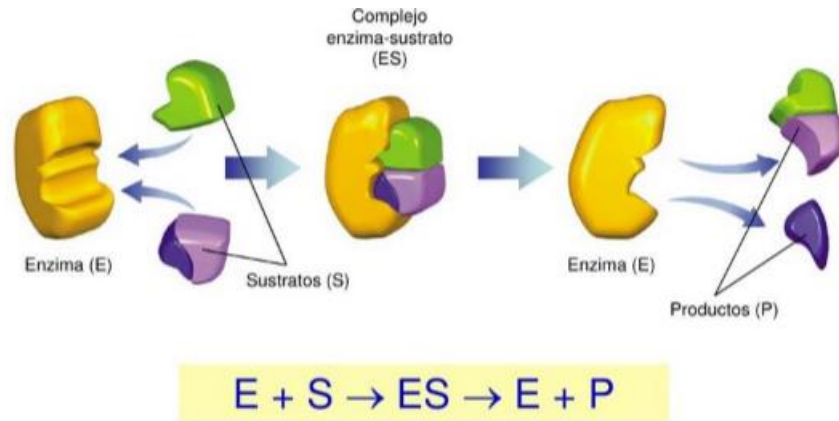
de ARNm en grupos de tres nucleótidos llamados codones, cada uno de los cuales especifica un aminoácido. Los ARNt llevan los aminoácidos correspondientes a los ribosomas, donde se ensamblan en la secuencia correcta para formar una proteína funcional.

**Replicación del ADN:** Aunque no está directamente relacionada con la biosíntesis de proteínas, la replicación es un proceso esencial para la transmisión de la información genética. Durante la replicación, el ADN se duplica para asegurar que cada célula hija reciba una copia completa del material genético durante la división celular. Este proceso implica la separación de las dos cadenas de ADN y la síntesis de nuevas cadenas complementarias por la ADN polimerasa, asegurando la fidelidad de la información genética.

Estos procesos son cruciales para la vida celular. La transcripción y traducción permiten la producción de proteínas, que son responsables de la mayoría de las funciones celulares, mientras que la replicación asegura la continuidad genética a través de las generaciones celulares.

### 3.6 Concepto de enzima

Las enzimas son proteínas globulares capaces de catalizar las reacciones metabólicas, acelerando la velocidad de reacción en lapsos que van desde los microsegundos hasta los milisegundos. Estos procesos, sin ayuda catalítica, ocurrirían a velocidades muy bajas o serían prácticamente nulas. Las enzimas realizan su trabajo a temperaturas moderadas o temperaturas fisiológicas, son muy específicas para las reacciones que catalizan, ya que poseen un sitio activo en la molécula proteínica que sirve como sitio de unión covalente para el sustrato al que se va a unir y rara vez forman productos secundarios. Al igual que en las reacciones químicas, en las reacciones biológicas, también se produce una transformación de las sustancias iniciales o sustratos, para transformarlas a productos o sustancias finales.



Debido a que los procesos biológicos deben estar controlados para conservar energía y materia prima, las enzimas gracias a su estructura pueden regularse activándose y desactivándose cuando es necesario.

Las enzimas, al igual que los catalizadores inorgánicos, favorecen la velocidad de las reacciones biológicas, sin alterarse permanentemente por la reacción, debido a que disminuyen la energía de activación, proporcionando una alternativa que requiere menos energía.

En la actualidad, las enzimas se clasifican de acuerdo con la clase de reacción que catalizan y se le asigna una clasificación de cuatro números y un nombre con dos partes, denominado nombre sistemático de acuerdo con la Unión Internacional de Bioquímica, por ejemplo, el alcohol: NAD<sup>+</sup> oxidorreductasa (E.C. 1.1.1.1) de forma habitual se le conoce como alcohol deshidrogenasa.

### 3.6.1 Propiedades de las enzimas

Puesto que la mayoría de los enzimas son proteínas, sus propiedades serán las mismas. Son solubles en el agua y se precipitan por el alcohol. Cada enzima tiene un pH óptimo de actividad. Por ejemplo la pepsina del estómago ha de actuar en medio ácido y la tripsina del jugo pancreático en medio alcalino.

La temperatura también influye sobre las acciones enzimáticas; las bajas temperaturas las inactivan, pero no las destruyen. Conforme se aumenta la temperatura crece su actividad hasta un valor óptimo, a partir del cual decrece y, finalmente, a temperaturas altas, se



destruyen. Los enzimas de los animales homotermos (aves y mamíferos) tienen su óptimo entre los 36° y los 41 ° C.

### 3.6.2 Clasificación de las enzimas

Las enzimas se clasifican en seis categorías principales:

- Oxidorreductasas – catalizan reacciones redox cambiando el estado de oxidación de uno o más átomos de una molécula. Las deshidrogenasas, reductasas, oxigenasas y peroxidadas son ejemplos de éstas.
- Transferasas – Transfieren grupos moleculares de una molécula donadora a una aceptora. Generalmente las transferasas incluyen el prefijo trans como las transcarboxilasas, las transaminasas y las transmetilasas.
- Hidrolasas – Catalizan reacciones en las que se rompe algún enlace por la adición de agua. Las esterasas, las fosfatasas y las peptidasas son algunos ejemplos.
- Liasas – Catalizan reacciones en las que se elimina algún grupo para formar un doble enlace o se añade un doble enlace. Las descarboxilasas, las hidratadas, las deshidratadas, desaminasas y las sintetadas son ejemplos de estas enzimas.
- Isomerasas – Este se trata de un grupo heterogéneo de enzimas en el que catalizan varios tipos de reordenamientos intramoleculares. Por ejemplo, las epimerasas catalizan la inversión de carbonos asimétricos y las mutasas catalizan la transferencia intramolecular de grupos funcionales.
- Ligasas – Catalizan la formación de enlaces entre dos moléculas de sustrato. Algunas de estas enzimas incluyen el término sintetada y otras se denominan carboxilasas.

Ahora que has revisado la estructura básica de las proteínas revisemos su metabolismo desde que ingresan al organismo.

### 3.6.3 Acción y Cinética Enzimática

Las enzimas son catalizadores biológicos que aceleran las reacciones químicas en los organismos vivos, permitiendo que ocurran a velocidades compatibles con la vida. La acción enzimática se refiere al proceso mediante el cual una enzima interactúa con su sustrato, formando un complejo enzima-sustrato que facilita la conversión del sustrato en productos.

Este proceso es altamente específico, ya que cada enzima tiene un sitio activo donde solo sustratos específicos pueden unirse.

La cinética enzimática estudia la velocidad de las reacciones catalizadas por enzimas y cómo esta velocidad se ve afectada por factores como la concentración de sustrato, la concentración de enzima, la temperatura, el pH, y la presencia de inhibidores o activadores. Un concepto clave en la cinética enzimática es la velocidad máxima ( $V_{max}$ ), que representa la velocidad de reacción cuando la enzima está saturada con sustrato. Otro concepto importante es la constante de Michaelis-Menten ( $K_m$ ), que indica la afinidad de la enzima por su sustrato; un  $K_m$  bajo significa alta afinidad.

Las enzimas pueden ser reguladas por varios mecanismos, como la inhibición competitiva, donde un inhibidor compite con el sustrato por el sitio activo, o la inhibición no competitiva, donde el inhibidor se une a otro sitio de la enzima, alterando su actividad.

Comprender la acción y la cinética enzimática es esencial para diversas aplicaciones, desde el diseño de medicamentos hasta la biotecnología, ya que permite manipular y optimizar las reacciones biológicas de manera efectiva.

### 3.7 Rutas Metabólicas

Las rutas metabólicas son conjuntos de reacciones químicas interconectadas que ocurren dentro de las células y que son fundamentales para la vida de los organismos. En el contexto de la medicina veterinaria, entender estas rutas es esencial para diagnosticar y tratar una variedad de enfermedades metabólicas en animales, así como para optimizar la salud y el rendimiento en especies de interés económico y recreativo.

#### 1. Glucólisis

La glucólisis es una ruta metabólica fundamental en la que la glucosa se convierte en piruvato, generando ATP y NADH. Este proceso ocurre en el citoplasma de las células y es crucial para la producción rápida de energía, especialmente en situaciones de anaerobiosis (falta de oxígeno).

- **Importancia en Veterinaria:** La glucólisis es especialmente relevante en la fisiología de los animales que realizan actividades intensas, como caballos de carreras o perros de trabajo. Alteraciones en esta ruta pueden llevar a condiciones como la acidosis láctica, un problema común en animales de alto rendimiento.

## 2. Ciclo de Krebs (Ciclo del Ácido Cítrico)

El ciclo de Krebs es una ruta metabólica central en la producción de energía, donde el acetil-CoA se oxida para producir CO<sub>2</sub>, NADH, FADH<sub>2</sub> y ATP. Este ciclo ocurre en la matriz mitocondrial y es esencial para la generación de energía aeróbica en las células.

- **Aplicación en Veterinaria:** En rumiantes, por ejemplo, el ciclo de Krebs es crucial para la producción de energía a partir de ácidos grasos volátiles (AGV) producidos en el rumen. Las alteraciones en este ciclo pueden afectar la eficiencia energética y llevar a problemas metabólicos como la cetosis bovina.

## 3. Vía de las Pentosas Fosfato

La vía de las pentosas fosfato es una ruta alternativa a la glucólisis, que tiene lugar en el citoplasma y genera NADPH y ribosa-5-fosfato, necesarios para la síntesis de ácidos nucleicos y la defensa antioxidante.

- **Importancia Clínica:** En veterinaria, esta vía es crucial para el mantenimiento de la salud en animales jóvenes en crecimiento, ya que facilita la síntesis de nucleótidos. Además, es importante en la función antioxidante en animales expuestos a estrés oxidativo.

## 4. Glicogenólisis y Glicogénesis

La glicogenólisis es el proceso de descomposición del glucógeno en glucosa, mientras que la glicogénesis es la síntesis de glucógeno a partir de glucosa. Ambos procesos son fundamentales para la regulación de los niveles de glucosa en sangre.

- **Relevancia en Veterinaria:** En caballos de alto rendimiento, la glicogenólisis es clave para proporcionar glucosa rápidamente durante el ejercicio. Por otro lado,

en animales con diabetes mellitus, la disfunción en la regulación de la glicogenólisis y glicogénesis puede complicar el manejo de la enfermedad.

#### 5. Beta-Oxidación de Ácidos Grasos

La beta-oxidación es la ruta metabólica en la que los ácidos grasos se descomponen en acetil-CoA, que luego entra en el ciclo de Krebs para la producción de energía. Este proceso ocurre en las mitocondrias y es esencial para la producción de energía a partir de grasas.

- **Implicaciones Veterinarias:** En rumiantes, la movilización excesiva de grasas durante el parto puede llevar a la cetosis, una condición donde la beta-oxidación no es suficiente para manejar la alta demanda de energía, resultando en acumulación de cuerpos cetónicos.

#### 6. Síntesis de Ácidos Grasos y Lipogénesis

La síntesis de ácidos grasos y la lipogénesis son procesos anabólicos en los que se producen ácidos grasos y triglicéridos a partir de acetil-CoA, principalmente en el hígado y tejido adiposo.

- **Importancia en la Producción Animal:** En la industria avícola, la lipogénesis es clave para la producción de grasa corporal y la calidad de la carne. Sin embargo, en animales obesos, el exceso de lipogénesis puede llevar a problemas como la lipidosis hepática.

#### 7. Ciclo de la Urea

El ciclo de la urea es la ruta metabólica por la cual el amoníaco tóxico, generado durante la desaminación de aminoácidos, se convierte en urea, que es excretada por los riñones.

- **Relevancia en Veterinaria:** En animales con enfermedades hepáticas, como la lipidosis hepática en gatos, la incapacidad de procesar adecuadamente el amoníaco puede llevar a la acumulación de toxinas y encefalopatía hepática.

#### 8. Fermentación en el Rumen

En rumiantes, la fermentación ruminal es una ruta metabólica única en la que los microorganismos del rumen fermentan carbohidratos para producir ácidos grasos volátiles, que son absorbidos y utilizados como fuente principal de energía.

- **Implicación Clínica:** La disbiosis ruminal o el desequilibrio en la fermentación pueden llevar a acidosis ruminal, timpanismo y disminución de la eficiencia alimentaria, lo que impacta la producción de leche y carne.

### 3.7.1 La Glucólisis

La glucólisis es una de las rutas metabólicas más importantes y universales, en la cual la glucosa, una molécula de seis carbonos, se descompone en dos moléculas de piruvato, cada una de tres carbonos. Este proceso ocurre en el citoplasma de las células y no requiere oxígeno, por lo que puede llevarse a cabo en condiciones anaeróbicas.

#### Fases de la Glucólisis

##### Fase de Inversión de Energía:

La glucosa se fosforila y se convierte en fructosa-1,6-bisfosfato, utilizando dos moléculas de ATP. Este paso "inicializa" la molécula de glucosa, preparándola para su división.

##### Fase de Pago de Energía:

La fructosa-1,6-bisfosfato se divide en dos moléculas de tres carbonos, que luego se convierten en piruvato. Durante esta fase, se generan cuatro moléculas de ATP (con una ganancia neta de 2 ATP) y dos moléculas de NADH.

#### Productos de la Glucólisis

**2 Piruvato:** Que puede ser utilizado en la respiración celular (si hay oxígeno) o en la fermentación (si no hay oxígeno).

**2 ATP:** Que se utilizan directamente como energía por la célula.

**2 NADH:** Que pueden ser usados en la cadena de transporte de electrones para generar más ATP en condiciones aeróbicas.

#### Importancia de la Glucólisis

**Generación de Energía:** La glucólisis proporciona energía rápidamente, especialmente en condiciones anaeróbicas.

**Intermediarios Metabólicos:** Produce intermediarios que pueden ser utilizados en otras rutas metabólicas, como la gluconeogénesis o la síntesis de aminoácidos.

**Versatilidad Metabólica:** Es la primera etapa tanto de la respiración celular como de la fermentación, por lo que es esencial en una variedad de condiciones metabólicas.

### 3.7.2 El Ciclo de Krebs

El Ciclo de Krebs, también conocido como el ciclo del ácido cítrico o ciclo del ácido tricarbóxico (TCA), es una ruta metabólica clave en la respiración celular, fundamental para la producción de energía en las células. Este ciclo tiene lugar en la matriz mitocondrial de las células eucariotas y en el citoplasma de las células procariotas.

Etapas del Ciclo de Krebs

#### **Formación de Citrato:**

El ciclo comienza cuando una molécula de **acetil-CoA** (derivada de la glucosa, ácidos grasos, o aminoácidos) se condensa con **oxaloacetato** para formar **citrato** (ácido cítrico). Esta reacción es catalizada por la enzima citrato sintasa.

#### **Isomerización de Citrato:**

El citrato se convierte en su isómero, **isocitrato**, a través de un proceso de reordenamiento mediado por la enzima aconitasa.

#### **Descarboxilación Oxidativa del Isocitrato:**

El isocitrato se oxida y se descarboxila (pierde un  $\text{CO}_2$ ), formando  **$\alpha$ -cetoglutarato** y reduciendo una molécula de  $\text{NAD}^+$  a  $\text{NADH}$ . Esta reacción es catalizada por la isocitrato deshidrogenasa.

#### **Formación de Succinil-CoA:**

El  $\alpha$ -cetoglutarato sufre otra descarboxilación oxidativa para formar **succinil-CoA**, con la reducción de otra molécula de  $\text{NAD}^+$  a  $\text{NADH}$ . Esta reacción es catalizada por la  $\alpha$ -cetoglutarato deshidrogenasa.

#### **Conversión de Succinil-CoA a Succinato:**

El succinil-CoA se convierte en **succinato**, liberando una molécula de CoA y produciendo una molécula de GTP (que puede ser convertida en ATP). Esta reacción es catalizada por la succinil-CoA sintetasa.

#### **Oxidación de Succinato a Fumarato:**

El succinato se oxida a **fumarato**, produciendo  $\text{FADH}_2$  en el proceso. Esta reacción es catalizada por la succinato deshidrogenasa.

#### **Hidratación de Fumarato a Malato:**

El fumarato se hidrata (se le añade una molécula de agua) para formar **malato**. Esta reacción es catalizada por la fumarasa.

#### **Regeneración de Oxaloacetato:**

Finalmente, el malato se oxida a **oxaloacetato**, generando otra molécula de NADH. Esta reacción es catalizada por la malato deshidrogenasa. El oxaloacetato regenerado puede entonces condensarse nuevamente con acetil-CoA para iniciar otro ciclo.

Importancia del Ciclo de Krebs

**Producción de Energía:** El ciclo de Krebs no solo produce GTP/ATP directamente, sino que también genera NADH y FADH<sub>2</sub>, que son transportadores de electrones utilizados en la cadena de transporte de electrones para la producción de grandes cantidades de ATP a través de la fosforilación oxidativa.

**Producción de Precusores Biosintéticos:** Intermediarios del ciclo de Krebs son utilizados como precursores para la biosíntesis de aminoácidos, nucleótidos, y otros compuestos esenciales.

**Centralidad Metabólica:** El ciclo de Krebs es un punto de convergencia para la oxidación de carbohidratos, grasas y proteínas, lo que lo convierte en un componente central del metabolismo energético en las células.

### 3.8 Principales enfermedades metabólicas por proteínas

En medicina veterinaria, las enfermedades metabólicas relacionadas con las proteínas suelen estar asociadas con desequilibrios en la digestión, absorción, metabolismo o excreción de proteínas y aminoácidos. Estas condiciones pueden afectar a diversas especies animales y pueden tener un impacto significativo en su salud y bienestar.

#### 1. Enfermedad Hepática

**Descripción:** Las enfermedades hepáticas, como la insuficiencia hepática o la lipidosis hepática (especialmente en gatos), afectan la capacidad del hígado para metabolizar proteínas y aminoácidos. El hígado es esencial para la síntesis de proteínas plasmáticas y la desintoxicación de amoníaco, por lo que el daño hepático puede llevar a acumulación de amoníaco y encefalopatía hepática.

**Tratamiento:** Incluye manejo dietético con dietas bajas en proteínas y medicamentos para reducir la carga de amoníaco y apoyar la función hepática.

#### 2. Deficiencia de Taurina en Gatos

**Descripción:** La taurina es un aminoácido esencial para los gatos, ya que no pueden sintetizarla en cantidades suficientes. La deficiencia de taurina puede llevar a enfermedades graves como la degeneración retinal central (que causa ceguera) y la cardiomiopatía dilatada (una afección cardíaca grave).

**Tratamiento:** Suplementación de taurina en la dieta y monitoreo regular de la salud ocular y cardíaca.

### 3. Cetosis en Rumiantes

**Descripción:** Aunque es más comúnmente asociada con el metabolismo de carbohidratos y grasas, la cetosis también implica un desequilibrio en el metabolismo de proteínas. En rumiantes, especialmente vacas lecheras de alta producción, la movilización excesiva de grasas y proteínas corporales para obtener energía puede llevar a cetosis, caracterizada por niveles elevados de cuerpos cetónicos en sangre.

**Tratamiento:** Incluye la administración de propilenglicol, dextrosa y, en algunos casos, corticoides, junto con el ajuste de la dieta para asegurar un balance energético adecuado.

### 4. Enfermedad Renal Crónica

**Descripción:** La enfermedad renal crónica (ERC) en perros y gatos puede resultar en la acumulación de productos de desecho proteico como la urea y el amoníaco, debido a la disminución de la capacidad de filtración renal. Esto puede llevar a un estado tóxico en el animal y contribuir a la pérdida de masa muscular.

**Tratamiento:** Dietas renales con proteínas de alta calidad pero en cantidades reducidas, para disminuir la carga de trabajo renal mientras se mantiene la masa muscular.

### 5. Timpanismo Espumoso en Rumiantes

**Descripción:** Es una afección metabólica que ocurre cuando los rumiantes consumen forrajes ricos en proteínas solubles, como leguminosas frescas, que causan la formación de espuma estable en el rumen. Esto impide la eructación y puede llevar a una acumulación peligrosa de gases en el rumen.

**Tratamiento:** Incluye el uso de agentes antiespumantes y, en casos graves, la intervención veterinaria para liberar el gas atrapado.

### 6. Urolitiasis por Proteínas en Rumiantes y Mascotas

**Descripción:** Urolitos (cálculos urinarios) pueden formarse cuando hay un exceso de ciertos aminoácidos, como la cistina, en la orina. Esto es común en rumiantes y algunas mascotas como perros, especialmente en aquellos con predisposiciones genéticas.



**Tratamiento:** Modificación de la dieta para reducir la formación de cristales y, en casos graves, cirugía para remover los urolitos.

#### 7. Acidosis Metabólica por Sobrealimentación de Proteínas en Rumiantes

**Descripción:** El consumo excesivo de dietas ricas en proteínas puede causar acidosis metabólica en rumiantes. Esto ocurre cuando las proteínas y el nitrógeno no se metabolizan eficientemente, lo que resulta en la producción excesiva de ácidos que el cuerpo no puede neutralizar.

**Tratamiento:** Ajuste de la dieta para reducir la carga proteica y la administración de bicarbonato de sodio para corregir el pH sanguíneo.

## UNIDAD IV

### Lípidos

#### 4.1 Concepto de lípido

Las siguientes biomoléculas de las que hablaremos son los lípidos, moléculas responsables, entre otras cosas, de la reserva de energía, la formación de membranas (modelo de mosaico fluido), transporte de colesterol y triacilglicéridos, así como derivados biológicamente activos que ejercen una amplia gama de funciones, como hormonas, antioxidantes, pigmentos, factores de crecimiento y vitaminas. Comenzaremos conociendo un poco su estructura y clasificación para terminar entendiendo su principal función en las células y por lo tanto su importancia biológica.

Los lípidos son moléculas cuya principal característica es su carácter hidrofóbico, es decir, no son solubles en agua o soluciones acuosas.

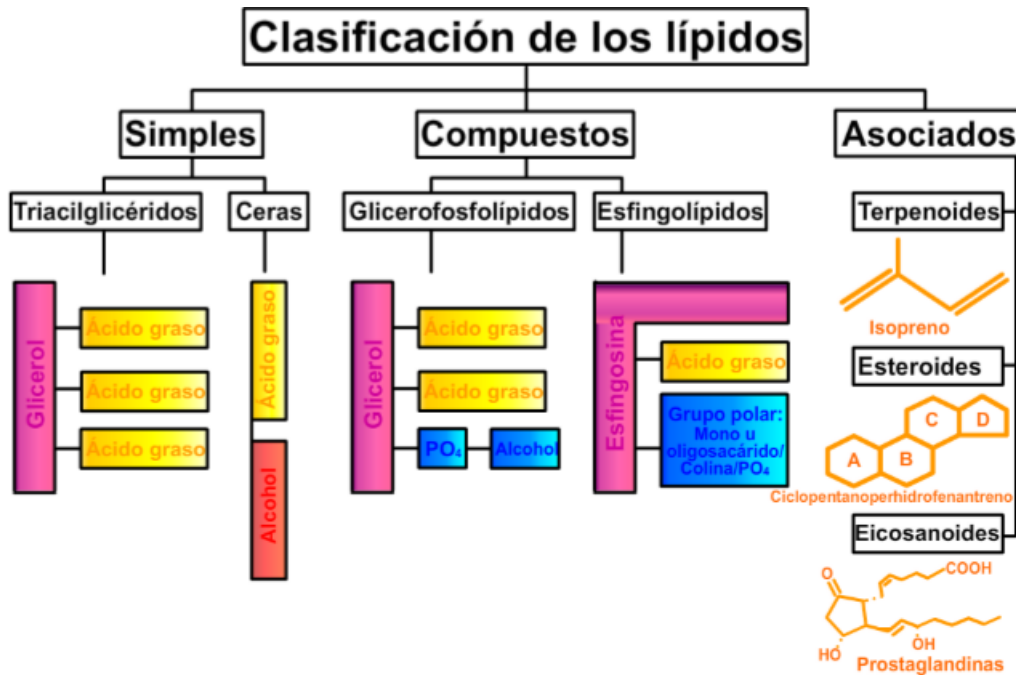
Están formadas, principalmente, por carbono e hidrogeno y, en menor cantidad por oxígeno. Algunos lípidos pueden contener fósforo, azufre e hidrógeno, pero no es muy común.

Los lípidos son un grupo heterogéneo de biomoléculas que incluye a los fosfolípidos, los esteroides, los carotenoides, las grasas y los aceites, con estructuras y funciones muy variadas, por lo que pueden clasificarse de muchas formas diferentes:

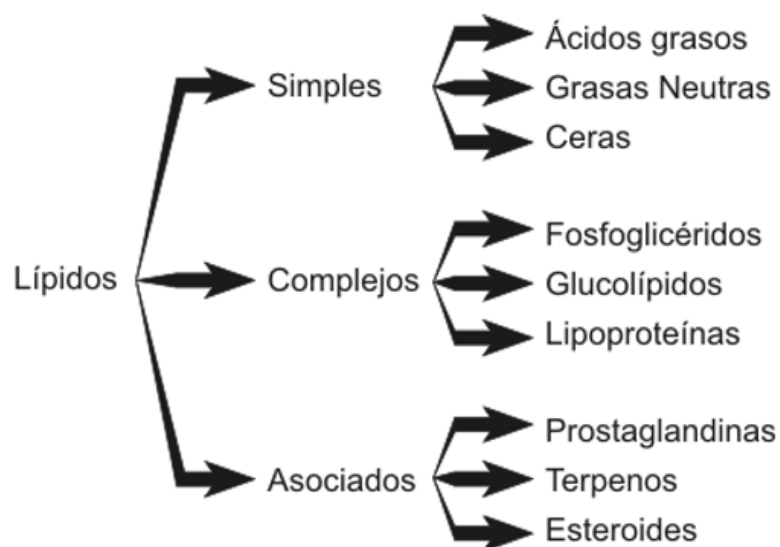
- Ácidos grasos
- Triacilgliceroles
- Ésteres de ceras
- Fosfolípidos (Fosfoglicéridos y esfingomielinas)
- Esfingolípidos (moléculas diferentes a la esfingomielina que contienen el aminoalcohol esfingosina)
- Isoprenoides (moléculas formadas por unidades repetidas de isopreno, un hidrocarburo ramificado de cinco carbonos)

## 4.2 Clasificación

En la siguiente figura, se representa un resumen de la clasificación de estructura de los lípidos:



Aunque existen otras, una manera sencilla de clasificarlos es la siguiente:



### 4.3 Propiedades

#### **Carácter anfipático**

Son aquellos lípidos que contienen una parte hidrófila, es decir que atrae al agua y otra parte hidrófoba que repele al agua.

#### **Punto de fusión**

Esta propiedad depende de la cantidad de carbonos que exista en la cadena hidrocarbonada y del número de enlaces dobles que tenga esa cadena. Mayor será el punto de fusión cuanto más energía sea necesaria para romper los enlaces, es por ello por lo que las grasas saturadas tienen un punto de fusión más alto que las insaturadas.

#### **Propiedades químicas de los lípidos**

##### **Esterificación**

Es una reacción en la cual un ácido graso se une a un alcohol, mediante un enlace covalente. De esta reacción se forma un éster, liberando agua.

##### **Saponificación**

Es una reacción en la cual un ácido graso se une a una base dando una sal de ácido graso, liberando una molécula de agua.

##### **Anti-oxidación**

Es una reacción en la cual se oxida un ácido graso insaturado.

### 4.4 Estructura y Propiedades Físico-Químicas de los Lípidos

#### Estructura de los Lípidos

Los lípidos son una clase diversa de biomoléculas que son principalmente hidrofóbicas, lo que significa que no se disuelven bien en agua. Están compuestos principalmente de átomos de carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), aunque algunos lípidos también contienen fósforo, nitrógeno y azufre.

#### 1. Ácidos Grasos:

- Son los componentes básicos de muchos lípidos. Un ácido graso es una cadena larga de hidrocarburos con un grupo carboxilo (-COOH) en un extremo. Los ácidos grasos pueden ser saturados (sin dobles enlaces entre los carbonos) o insaturados (con uno o más dobles enlaces).

#### 2. Triglicéridos:

- Están compuestos por una molécula de glicerol unida a tres ácidos grasos. Son la forma principal de almacenamiento de energía en los animales y son el tipo más común de grasa presente en los alimentos.

### 3. Fosfolípidos:

- Estos lípidos están formados por dos ácidos grasos, un grupo fosfato y una molécula de glicerol. El grupo fosfato está unido a una "cabeza" polar que es hidrofílica (atraída por el agua), mientras que las "colas" de ácidos grasos son hidrofóbicas (repelen el agua). Los fosfolípidos son componentes clave de las membranas celulares, formando una bicapa que separa el interior celular del entorno externo.

### 4. Esteroides:

- Los esteroides tienen una estructura de anillo compleja formada por cuatro anillos de carbono fusionados. El colesterol es el esteroide más conocido y es un componente esencial de las membranas celulares y precursor de las hormonas esteroides como el estrógeno y la testosterona.

## Propiedades Físico-Químicas de los Lípidos

### 1. Solubilidad:

- Los lípidos son insolubles en agua debido a su naturaleza hidrofóbica, pero son solubles en solventes orgánicos no polares, como el éter, el cloroformo y la bencina.

### 2. Punto de Fusión:

- El punto de fusión de los lípidos depende de la longitud de la cadena de ácidos grasos y del grado de saturación. Los ácidos grasos saturados, que no tienen dobles enlaces, tienden a tener puntos de fusión más altos y son sólidos a temperatura ambiente (como la manteca). Los ácidos grasos insaturados, que tienen uno o más dobles enlaces, tienen puntos de fusión más bajos y suelen ser líquidos a temperatura ambiente (como los aceites vegetales).

### 3. Anfipaticidad:

- Los fosfolípidos tienen una naturaleza anfipática, con una cabeza polar hidrofílica y colas de ácidos grasos hidrofóbicas. Esta propiedad permite a los fosfolípidos formar bicapas en las membranas celulares, donde las cabezas polares están orientadas hacia el agua, mientras que las colas hidrofóbicas se ocultan en el interior de la bicapa.
4. Saponificación:
- Los triglicéridos pueden ser hidrolizados en ácidos grasos y glicerol en un proceso llamado saponificación, especialmente en presencia de una base fuerte como el hidróxido de sodio (NaOH). Este proceso es la base de la fabricación de jabones.
5. Reactividad Química:
- Los ácidos grasos insaturados pueden sufrir reacciones de adición en los dobles enlaces, como la hidrogenación, que convierte los aceites en grasas sólidas. También son susceptibles a la oxidación, lo que puede causar el enranciamiento de los lípidos.

#### 4.5 Funciones Biológicas de los Lípidos

Los lípidos desempeñan una variedad de funciones biológicas esenciales en los organismos vivos, gracias a sus propiedades estructurales y energéticas. A continuación se describen las principales funciones de los lípidos:

##### 1. Almacenamiento de Energía

- **Triglicéridos:** Los lípidos, especialmente en forma de triglicéridos, son la principal reserva de energía en muchos organismos. Los triglicéridos almacenan energía en los enlaces carbono-hidrógeno, y su oxidación en las mitocondrias libera una cantidad significativa de ATP. En comparación con los carbohidratos, los lípidos proporcionan más del doble de energía por gramo, lo que los convierte en una forma eficiente de almacenamiento energético a largo plazo.

##### 2. Componente Estructural de las Membranas Celulares

- **Fosfolípidos y Colesterol:** Los fosfolípidos son los principales componentes de las membranas celulares, donde forman una bicapa que proporciona integridad

estructural a la célula y define sus límites. El colesterol, otro lípido importante en las membranas, modula la fluidez de la membrana, estabilizando su estructura y permitiendo la correcta función de las proteínas de membrana y los receptores.

### 3. Aislante Térmico

- **Grasas Subcutáneas:** En los animales, la grasa subcutánea actúa como un aislante térmico, ayudando a mantener la temperatura corporal al reducir la pérdida de calor. Esta función es crucial para la supervivencia en climas fríos, donde la regulación térmica es vital.

### 4. Protección de Órganos Internos

- **Tejido Adiposo:** El tejido adiposo que rodea órganos vitales como los riñones, el corazón y el hígado, actúa como un cojín protector, absorbiendo golpes y evitando daños mecánicos a estos órganos.

### 5. Señalización Celular

- **Hormonas Esteroides:** Los lípidos, como el colesterol, son precursores de hormonas esteroides como el cortisol, el estrógeno, la testosterona y la aldosterona. Estas hormonas juegan roles cruciales en la regulación de procesos biológicos como el metabolismo, el crecimiento, la reproducción y la respuesta al estrés.
- **Eicosanoides:** Los ácidos grasos poliinsaturados, como el ácido araquidónico, son precursores de eicosanoides, que incluyen prostaglandinas, tromboxanos y leucotrienos. Estas moléculas actúan como mensajeros locales que regulan la inflamación, la coagulación sanguínea, y las respuestas inmunológicas.

### 6. Transporte de Nutrientes Liposolubles

- **Vitaminas Liposolubles:** Los lípidos son necesarios para la absorción y transporte de vitaminas liposolubles, como las vitaminas A, D, E y K. Estas vitaminas desempeñan funciones esenciales en la visión, la coagulación sanguínea, la salud ósea y la protección antioxidante.

### 7. Precursores de Biosíntesis

- **Biosíntesis de Sales Biliares y Vitaminas:** El colesterol es precursor de las sales biliares, que son esenciales para la digestión y absorción de grasas en el intestino. También es precursor de la vitamina D, que es crucial para la regulación del calcio y la salud ósea.

#### 8. Regulación de la Permeabilidad y Fluidez de la Membrana

- **Colesterol y Fosfolípidos:** El colesterol y los fosfolípidos regulan la permeabilidad de la membrana celular, controlando el paso de sustancias hacia dentro y fuera de la célula. Además, estos lípidos permiten que la membrana mantenga su fluidez, lo que es vital para la función de las proteínas de membrana y para la movilidad de la célula.

#### 9. Función Emulsificante

- **Ácidos Biliares:** Derivados del colesterol, los ácidos biliares actúan como emulsificantes en el intestino delgado, ayudando a descomponer y absorber las grasas de la dieta. Esto es crucial para la digestión y asimilación de los lípidos en el cuerpo.

#### 10. Reserva de Agua Metabólica

- **Oxidación de Lípidos:** Durante la oxidación de los lípidos, se produce agua como subproducto. Esta agua metabólica es especialmente importante para los animales que viven en entornos desérticos, donde el agua es escasa.

### 4.6 Lípidos de uso biológico

#### Ácidos grasos

Son los lípidos más simples siendo las unidades básicas de los lípidos más complejos. Están formada por una larga cadena hidrocarbonada (4-24 átomos de carbono) unido covalentemente a un grupo carboxilato o grupo carboxilo terminal, es decir, son ácidos monocarboxilados de cadena lineal R-COOH, en donde R es una cadena alquilo formada por átomos de carbono e hidrogeno.

La mayor parte de los ácidos grasos naturales poseen un número par de átomos de carbono que forma la cadena sin ramificaciones. Las cadenas con enlaces sencillos -C-C- se conocen



como ácidos grasos saturado (Fig.40), mientras que los ácidos grasos no saturados o insaturados contienen uno o más enlaces dobles  $-C=C-$  entre los átomos de carbono. Esta característica altera su estructura tridimensional debido a que los dobles enlaces son estructuras rígidas, por lo que pueden presentarse en dos formas isoméricas: cis y trans. En los isómeros cis, los grupos funcionales o grupos R semejantes o idénticos se encuentran del mismo lado de un doble enlace, mientras que en los isómeros trans, los grupos están en lados opuestos de un doble enlace. Los dobles enlaces también alteran las propiedades físicas de los ácidos grasos, ya que disminuye sus puntos de fusión volviéndolas líquidas a temperatura ambiente (aceites), mientras que los ácidos grasos saturados (manteca de cerdo, mantequilla) son sólidos o semisólidos a temperatura ambiente.

Por otro lado, los ácidos grasos tienen carácter alifático, es decir, la región correspondiente a la cadena hidrocarbonada es no polar (no soluble en agua), mientras que la región correspondiente al carboxilo terminal es polar (soluble en agua).

Para nombrar los ácidos grasos, se utiliza la nomenclatura sistemática, de acuerdo con el hidrocarburo del que provienen más el sufijo "oico". Por ejemplo el ácido hexadecanoico es un ácido graso de 16 carbonos, pero se llama a menudo ácido palmítico debido a que se obtienen del aceite de palma. Para representarlos, se 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

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.

Los ácidos grasos poseen muchas propiedades químicas importantes y experimentan reacciones que son típicas de los ácidos carboxílicos de cadena corta, como la formación de ésteres cuando reaccionan con alcoholes.

#### Triacilgliceroles

También conocidos como triglicéridos o grasas neutras, son ésteres de glicerol con tres moléculas de ácidos grasos y son los lípidos más abundantes. Los glicéridos con uno o dos grupos de ácido graso se denominan monoacilgliceroles y diacilgliceroles, respectivamente. La mayoría de los triglicéridos contienen ácidos grasos de diversas longitudes, que pueden ser insaturados, saturados o una combinación de ambos.

La principal función de los triaglicéridos (que a menudo se denominan grasas) es la de constituir la reserva más grande de energía en el organismo humano, más eficaz que el glucógeno, ya que su oxidación proporciona más energía y es la única reserva que permite la sobrevivencia durante el ayuno prolongado. Las grasas aportan alrededor del 30% de las kilocalorías necesarias para el mantenimiento del organismo; en donde cada gramo de grasa aporta 9 Kcal.

Las grasas corporales funcionan también como aislante a bajas temperaturas que protege a los organismos del frío, ya que las grasas son malas conductoras de calor y por lo tanto impide su pérdida. También funcionan como amortiguador mecánico interno para proteger a los tejidos, por ejemplo: la grasa que rodea a los riñones, el corazón y el intestino. En algunos animales, los ácidos grasos son secretados por glándulas que hacen que el pelaje o las plumas repelan el agua. Las semillas con ácidos grasos abundantes son los cacahuates, el maíz, la palma, el cártamo, la soja y el lino. Los aguacates y las aceitunas también son ricos en ácidos grasos.

#### Ésteres de ceras

Las ceras son mezclas de lípidos no polares que se encuentran presentes principalmente en los vegetales como cubiertas protectoras de las hojas, tallos y de las frutas, así como de la piel de los animales y animales marinos. Las ceras están formadas por un ácido graso de cadena larga, esterificado con un alcohol, también de cadena larga.

A diferencia de los triglicéridos, éstas no son asimilables por el organismo humano, un ejemplo representativo es la cera de las abejas (hexadecanoato de triacontilo o palmitato de miricilo), la cera de las ovejas (lanolina) que son sólidos altamente insolubles en agua, sólidos y duros a temperatura ambiente

Los fosfoglicéridos, son un grupo numeroso de lípidos compuestos con gran relevancia en la estructura de las membranas celulares. Se caracterizan por tener un grupo fosfato que les confiere una mayor polaridad. Se conforman por un ácido fosfatídico, glicerol y dos ácidos grasos que pueden ser saturados o insaturados (Fig. 44). Ejemplos de estos son las lecitinas, cefalinas y colina. “Los diferentes tipos de fosfoglicéridos difieren en el tamaño, forma y carga eléctrica de sus grupos de cabeza polares” (Nelson y Cox, 2008).

El grupo fosfato posee un alcohol o un aminoalcohol que son moléculas altamente hidrofóbicas o polares y esta característica hace que los fosfolípidos formen las membranas plasmáticas con una región polar y una región no polar.

Las esfingomielinas se diferencian de los fosfoglicéridos en que contienen esfingosina en lugar de glicerol, unida en enlace amida con un ácido graso saturado de cadena larga (ceramida) de más de 20 carbonos. La esfingomielina se encuentra en mayor abundancia en la vaina de mielina de las células nerviosas en donde sus propiedades aislantes facilitan la transmisión rápida de los impulsos nerviosos. En la figura 46 se observa la estructura de la Esfingomielina que tiene un gran parecido estructural con los fosfolípidos, es por ello, que ambos tipos de lípidos forman la membrana plasmática.

### Esfingolípidos

Son componentes importantes de las membranas celulares animales y vegetales. Todas las moléculas de esfingolípidos contienen un aminoalcohol de cadena larga, en los animales este alcohol es principalmente la esfingosina. El núcleo de cada esfingolípidos es una ceramida, es decir, 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.

Las ceramidas también son precursores de los glucolípidos o glucoesfingolípidos que son lípidos membranales. Los glucolípidos constan de un ácido graso, un sacárido (monosacárido, disacárido u oligosacárido) unidos a ceramida mediante un enlace glucosídico O. Los glucolípidos no contienen grupo fosfato y los más importantes son los cerebrósidos, los sulfátidos y los gangliósidos

### Isoprenoides

Son un gran grupo de biomoléculas que contienen unidades estructurales de cinco carbonos que se repiten, estas se denominan unidades de isopreno. Los isoprenoides están formados por terpenos y esteroides.

Los terpenos son moléculas que se encuentran en gran medida en los aceites esenciales de las plantas y se clasifican por el número de residuos o unidades de isopreno que contienen:

- monoterpenos (2 unidades),

- sesquiterpenos (3 unidades),
- diterpenos (4 unidades),
- triterpenos (6 unidades) y
- tetraterpenos (8 unidades).

Por ejemplo, la vitamina A es un di terpenoide, el escualeno es un triterpeno que es intermediario de la síntesis de los esteroides, se encuentra en el aceite de hígado de tiburón, en el aceite de oliva y en las levaduras. Por otro lado, los carotenoides son tetraterpenos, que es el pigmento que confiere el color rojo o anaranjado de algunas plantas y vegetales, como los jitomates y las zanahorias.

Otro aspecto para mencionar es que algunas biomoléculas formadas por componentes no terpénicos, se unen a unidades de isopreno, estas moléculas se denominan terpenoides mixtos, entre los que se destacan la vitamina E (a-tocoferol), la ubiquinona, la vitamina K, la coenzima Q que participa en el transporte de electrones y algunas citocininas vegetales.

Los esteroides, por su parte, son derivados de triterpenos (hidrocarburo perhidrociclo pentano fenantreno) que forman cuatro anillos. El número y posición de sus dobles enlaces los hace diferentes unos de otros; así como en el tipo, número y localización de sus grupos funcionales. El colesterol (Fig. 50) es el ejemplo más significativo de este tipo de moléculas, debido a su gran importancia estructural dentro de las membranas celulares, además que es el precursor de la biosíntesis de todas las hormonas esteroideas, de la vitamina D y de las sales biliares. Otro ejemplo, de este tipo de moléculas son todas las moléculas esteroideas de los vegetales, como los glucósidos cardiacos (ouabaína, digitoxina) que pueden resultar muy tóxicos.

#### Funciones biológicas

Las grasas y aceites cumplen principalmente con la función de reserva de energía en forma más eficiente que los glúcidos. Esto se debe a que son hidrofóbicos y al no hidratarse ocupan menos volumen que el glucógeno y además, tienen más hidrógenos en su estructura, por lo cual rinden más energía que los azucares

Actúan en la termorregulación, como aislante térmico. Por ejemplo en los animales que viven en las zonas frías del planeta tienen una importante capa de grasa subdérmica que

ayuda a mantener la temperatura interna. Además como repelen al agua evitan la pérdida de calor corporal por efectos de la transpiración .

#### 4.7 Metabolismo de los lípidos

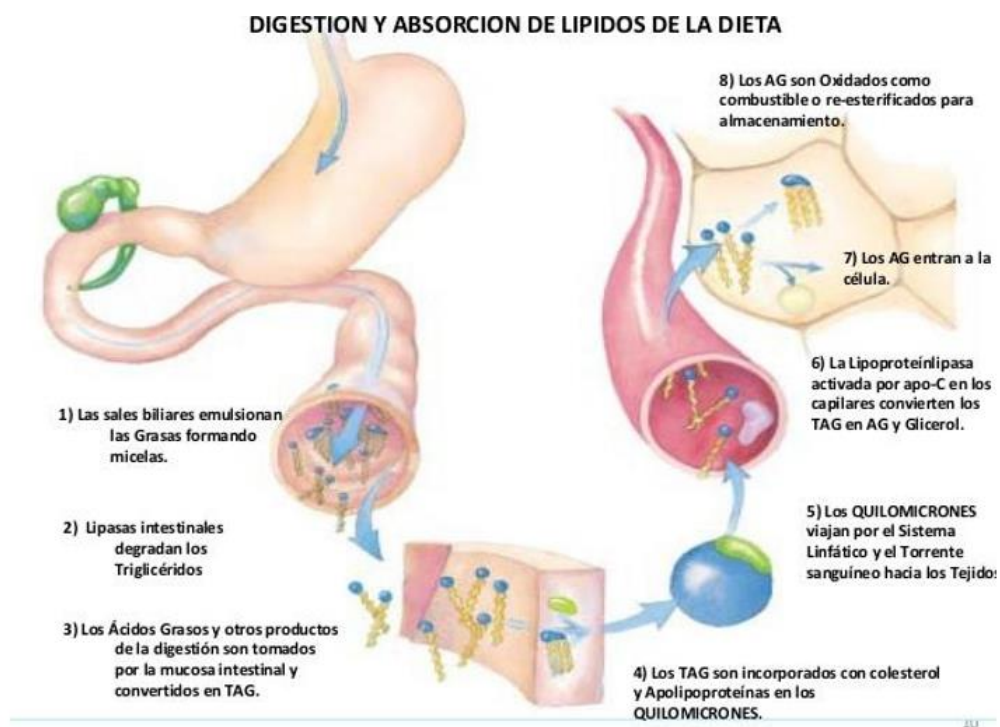
Los ácidos grasos son una fuente muy importante de energía y eficaz para muchas células y la mayoría de los ácidos grasos los obtenemos a través de los alimentos.

Una vez que los ingerimos, el proceso de fragmentación mecánica comienza con la masticación y dentro de la boca se secreta la enzima lipasa salival para comenzar la digestión de las grasas. El bolo alimenticio formado por la saliva y el alimento entra por deglución al esófago y posteriormente pasa al estómago en donde el pH ácido incrementa la actividad de la enzima lipasa salival. El quimo así formado, pasa a intestino delgado en donde los triacilgliceroles se digieren dentro de la luz intestinal. La mucosa gástrica e intestinal secretan lipasas que se mezclan con las secreciones pancreáticas y sales biliares. La mayor actividad de digestión química de los lípidos tiene lugar en la porción superior del yeyuno, en donde la liberación de lecitina por la bilis facilita el proceso de emulsificación de las grasas, para que los tres tipos de enzimas pancreáticas y una coenzima las hidrolicen.

La liberación de estas enzimas se encuentra regulada por la hormona colecistoquinina (CCK) que facilita, además, la salida de bilis de la vesícula biliar. La bilis juega un papel importante en la digestión de las grasas, ya que además de proporcionar factores emulsificantes como los ácidos y sales biliares, contienen bilirrubina, una molécula derivada de la hemoglobina como consecuencia de la degradación de glóbulos rojos en el bazo, que posteriormente forma parte de la bilis. La bilirrubina es la que da el color a las heces. La lipasa pancreática es la enzima responsable de la mayor parte de la hidrólisis de los ácidos grasos, actuando sobre la superficie de las micelas que engloban a los triglicéridos. El colesterol esterasa es otra enzima pancreática que hidroliza los ésteres de colesterol, mientras que las fosfolipasas pancreáticas A1 y A2 hidroliza los ésteres de los fosfolípidos, para producir ácidos grasos y lisofosfolípidos.

Por su parte la enzima pancreática colipasa, favorece la formación del complejo sales biliares lipasa-colipasa que interviene en la hidrólisis de los lípidos para convertirlos en monoglicéridos, ácidos grasos y glicerol, los cuales son solubilizados por las sales biliares en

la luz intestinal, para posteriormente ser transportados a través de la membrana plasmática de las células de la pared intestinal (enterocitos), donde se transforman nuevamente en triacilgliceroles. Dentro de los enterocitos, los triacilgliceroles recién formados, en combinación con el colesterol, fosfolípidos recién sintetizados y proteínas, forman los quilomicrones que son estructuras esféricas formadas por diversas moléculas lipoproteicas de baja densidad (LDL), que transportan desde el intestino delgado los triglicéridos, fosfolípidos y colesterol ingeridos en los alimentos, llevándolos hacia los tejidos a través del sistema linfático y dependiendo de las necesidades metabólicas, los ácidos grasos pueden ser almacenados o degradados para convertirse en energía, utilizarse para formar-sintetizar membranas (fosfolípidos, glucolípidos; colesterol) y como precursores de hormonas y mensajeros intracelulares



#### 4.8 Lípidos en la Membrana Celular

Los lípidos son componentes fundamentales de las membranas celulares, que forman una barrera selectiva y dinámica entre el interior de la célula y su entorno externo. Los principales lípidos en las membranas celulares son los **fosfolípidos**, el **colesterol** y los **glucolípidos**.

##### Fosfolípidos

- Los fosfolípidos forman una **bicapa lipídica** que es la estructura básica de la membrana celular. Cada molécula de fosfolípido tiene una "cabeza" hidrofílica (atraída por el agua) y dos "colas" hidrofóbicas (repelen el agua). En la bicapa, las cabezas hidrofílicas se orientan hacia el exterior y el interior de la célula, mientras que las colas hidrofóbicas se orientan hacia el interior de la bicapa, creando una barrera semipermeable.

#### Colesterol

- El colesterol se inserta entre los fosfolípidos en la bicapa, donde **modula la fluidez** y estabilidad de la membrana. A bajas temperaturas, el colesterol evita que la membrana se vuelva demasiado rígida, mientras que a altas temperaturas evita que se vuelva demasiado fluida, asegurando la funcionalidad óptima de la membrana en diferentes condiciones.

#### Glucolípidos

- Los glucolípidos, que son lípidos con grupos de azúcares unidos, se encuentran en la superficie externa de la membrana plasmática. Participan en el **reconocimiento celular** y la **comunicación** entre células, además de contribuir a la formación de estructuras como los microdominios lipídicos (rafts), que están involucrados en la señalización celular.

#### Funciones de los Lípidos en la Membrana Celular

- **Formación de Barreras:** La bicapa lipídica actúa como una barrera selectiva que regula el paso de iones, moléculas y otras sustancias hacia dentro y fuera de la célula.
- **Fluidez y Permeabilidad:** La combinación de fosfolípidos y colesterol permite que la membrana mantenga una fluidez adecuada, esencial para la función de las proteínas de membrana y la movilidad celular.
- **Señalización Celular:** Los lípidos de membrana participan en la señalización celular, sirviendo como puntos de anclaje para proteínas que transmiten señales desde el exterior al interior de la célula.

- **Interacciones Celulares:** Los glucolípidos y otras moléculas de membrana están involucrados en el reconocimiento y adhesión celular, lo que es crucial para la formación de tejidos y la respuesta inmune.

#### 4.9 Lipoproteínas

Las lipoproteínas son complejos macromoleculares que transportan lípidos, como colesterol y triglicéridos, a través del torrente sanguíneo. Debido a que los lípidos son insolubles en agua, las lipoproteínas permiten su transporte por el cuerpo, donde son esenciales para diversas funciones biológicas.

##### Estructura de las Lipoproteínas

- Las lipoproteínas están compuestas por un núcleo hidrofóbico que contiene lípidos como triglicéridos y ésteres de colesterol, rodeado por una capa externa de fosfolípidos, colesterol libre y proteínas específicas llamadas **apolipoproteínas**. Las apolipoproteínas estabilizan la estructura de la lipoproteína y son esenciales para su reconocimiento y procesamiento por las células.

##### Clasificación de las Lipoproteínas

- Las lipoproteínas se clasifican en diferentes tipos según su densidad y composición:
  - **Quilomicrones:** Transportan triglicéridos y colesterol desde el intestino a otros tejidos después de la ingesta de alimentos.
  - **Lipoproteínas de Muy Baja Densidad (VLDL):** Transportan triglicéridos sintetizados en el hígado a los tejidos periféricos.
  - **Lipoproteínas de Baja Densidad (LDL):** Conocidas como "colesterol malo", transportan colesterol a las células, pero un exceso de LDL puede llevar a la acumulación de colesterol en las arterias, aumentando el riesgo de enfermedades cardiovasculares.
  - **Lipoproteínas de Alta Densidad (HDL):** Conocidas como "colesterol bueno", recogen el exceso de colesterol de los tejidos y lo llevan de vuelta al hígado para su excreción o reutilización, ayudando a prevenir la acumulación de colesterol en las arterias.



#### 4.10 Lípidos en la Dieta y la Salud

Los lípidos en la dieta juegan un papel crucial en la salud, particularmente en relación con las enfermedades cardiovasculares. Los diferentes tipos de grasas tienen impactos diversos en los niveles de lipoproteínas en la sangre, lo que a su vez influye en el riesgo de desarrollar enfermedades del corazón.

- **Grasas Saturadas y Trans:** El consumo elevado de grasas saturadas y ácidos grasos trans, presentes en alimentos como carnes rojas, productos lácteos enteros y alimentos procesados, puede aumentar los niveles de **Lipoproteínas de Baja Densidad (LDL)**, conocidas como "colesterol malo". Esto eleva el riesgo de arteriosclerosis y enfermedades cardiovasculares.
- **Grasas Insaturadas:** Las grasas insaturadas, encontradas en aceites vegetales, pescado, nueces y aguacates, pueden reducir los niveles de LDL y aumentar los niveles de **Lipoproteínas de Alta Densidad (HDL)**, el "colesterol bueno", lo que ayuda a proteger contra enfermedades cardíacas.
- **Fibra y Carbohidratos:** Una dieta rica en fibra soluble puede ayudar a reducir el colesterol LDL, mientras que el consumo excesivo de carbohidratos refinados y azúcares puede elevar los niveles de triglicéridos y **Lipoproteínas de Muy Baja Densidad (VLDL)**, ambos asociados con un mayor riesgo cardiovascular.

Mantener un equilibrio adecuado entre diferentes tipos de lípidos en la dieta es esencial para promover la salud cardiovascular y reducir el riesgo de enfermedades metabólicas.

#### 4.11 Principales enfermedades metabólicas por lípidos

En medicina veterinaria, las enfermedades metabólicas relacionadas con lípidos pueden tener un impacto significativo en la salud y el bienestar de los animales. Estas condiciones suelen estar asociadas con desequilibrios en el metabolismo de las grasas, lo que puede llevar a una variedad de problemas de salud en diferentes especies.

##### 1. Lipidosis Hepática en Gatos

- **Descripción:** La lipidosis hepática es una enfermedad común en gatos, especialmente en aquellos que han sufrido una pérdida de peso rápida o que han

dejado de comer. En esta condición, el hígado se llena de grasa, lo que interfiere con su función normal y puede llevar a insuficiencia hepática.

- **Síntomas:** Pérdida de apetito, ictericia, vómitos, letargo y pérdida de peso.
- **Tratamiento:** Incluye reintroducción gradual de la alimentación, a menudo con sondas de alimentación, y tratamiento de soporte para el hígado.

## 2. Hiperlipidemia en Perros y Gatos

- **Descripción:** La hiperlipidemia es una condición en la que los niveles de lípidos en la sangre (colesterol y triglicéridos) son anormalmente altos. Puede ser primaria (hereditaria) o secundaria a otras condiciones como hipotiroidismo, diabetes mellitus o síndrome nefrótico.
- **Síntomas:** En muchos casos, puede no haber síntomas visibles, pero en algunos animales pueden presentarse xantomas (depósitos grasos en la piel), pancreatitis, oculares o problemas neurológicos.
- **Tratamiento:** Incluye la modificación de la dieta, con la reducción de grasas y el uso de medicamentos como fibratos o ácidos grasos omega-3.

## 3. Pancreatitis en Perros

- **Descripción:** La pancreatitis es la inflamación del páncreas, a menudo relacionada con una dieta alta en grasas. La condición puede ser aguda o crónica, y se asocia con la activación prematura de las enzimas pancreáticas, que comienzan a digerir el tejido pancreático.
- **Síntomas:** Vómitos, dolor abdominal, letargo, deshidratación y, en casos graves, shock.
- **Tratamiento:** Incluye ayuno para descansar el páncreas, fluidoterapia, manejo del dolor, y una dieta baja en grasas tras la recuperación inicial.

## 4. Cetoacidosis Diabética en Perros y Gatos

- **Descripción:** La cetoacidosis diabética ocurre cuando el cuerpo, debido a la falta de insulina, comienza a metabolizar grasas en lugar de glucosa para obtener energía, produciendo cuerpos cetónicos que pueden acumularse en la sangre y causar acidosis.

- **Síntomas:** Letargo, vómitos, deshidratación, respiración rápida, aliento con olor a acetona, y en casos graves, colapso.
- **Tratamiento:** Incluye la administración de insulina, fluidoterapia, y corrección de los desequilibrios electrolíticos y ácido-base.

#### 5. Aterosclerosis en Perros

- **Descripción:** Aunque es menos común en animales que en humanos, la aterosclerosis puede ocurrir en perros, especialmente en aquellos con hipotiroidismo o hiperlipidemia. Es causada por la acumulación de placas de grasa en las arterias, lo que puede llevar a enfermedades cardíacas.
- **Síntomas:** Pueden incluir signos de insuficiencia cardíaca, como dificultad para respirar, fatiga, y en casos graves, colapso.
- **Tratamiento:** Se centra en el manejo de las condiciones subyacentes y puede incluir cambios en la dieta y medicamentos para reducir los lípidos en sangre.

#### 6. Síndrome del Hígado Graso en Aves

- **Descripción:** El síndrome del hígado graso es común en aves de corral y aves de compañía, especialmente aquellas con dietas ricas en grasas y carbohidratos. La acumulación excesiva de grasa en el hígado puede causar insuficiencia hepática.
- **Síntomas:** Pérdida de apetito, letargo, aumento de tamaño del abdomen, dificultad para respirar y en casos severos, muerte súbita.
- **Tratamiento:** Incluye la modificación de la dieta para reducir la ingesta de grasas y carbohidratos, junto con el manejo adecuado del peso.

#### 7. Hiperlipidemia Equina

- **Descripción:** En caballos y ponis, la hiperlipidemia es un trastorno grave asociado con la movilización excesiva de grasas del tejido adiposo, lo que lleva a niveles elevados de triglicéridos en sangre. Esto puede ocurrir durante el embarazo, lactancia, estrés o enfermedad.
- **Síntomas:** Letargo, anorexia, pérdida de peso, y en casos graves, colapso y muerte.
- **Tratamiento:** Incluye la administración de fluidos intravenosos, glucosa para reducir la movilización de grasas, y el tratamiento de las causas subyacentes.



### Fuentes de Consulta:

- Alberts, Bruce. Johnson, A. Lewis, J. Raff, M. Keith, Roberts. Walter, P. (2008). *Biología Molecular de la Célula*. México Editorial Omega.
- Curtis, H. Barnes, N.S. (2009) *Biología*. Editorial Médica Panamericana.
- Díaz, J. (2006). *Bioquímica: un enfoque básico aplicado a las ciencias de la vida*. México. UNAM.
- Fell, David. (1999). *Bases del Control del Metabolismo*. España. Editorial Omega. •
- Lehninger. (2009). *Bioquímica*. México. Editorial Omega.
- Lodish. H. Berk, A. Matsudaria, P. Kaiser, C. Scott, M. Zipursky, L. Darnell, J. (2007). *Biología celular y molecular*. 5ª edición. México. Editorial Médica Panamericana.
- Lozano, J. A. (2005). *Bioquímica y biología molecular en Ciencias de la salud*. México. McGraw Hill.
- Murray, R. K., Bender, D. A., Botham, K. M., Kennelly, P. J., Rodwell, V. W., & Weil, P. A. (2018). *Harper's Illustrated Biochemistry* (31ª ed.). McGraw-Hill Education.

### Videos de apoyo:

- Tuvi digital. (2015). Carbohidratos (Monosacáridos) - Introducción a la bioquímica #3. [Video].  
Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=VNwYOIWWAvY>
- Eduardo lopez. Metabolismo de la glucosa [Video] Disponible de:  
<https://www.youtube.com/watch?v=I5zcABaR-Aw>
- Khan Academy Español (2016) Visión general de la glucólisis. [Video]. Disponible en:  
<https://www.youtube.com/watch?v=fKQ4dzl8O6k>
- Universidad de los Andes. (2013) Metabolismo de los lípidos. [Video]. Disponible en: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_biNvOOOnEq8](https://www.youtube.com/watch?v=_biNvOOOnEq8)
- Aminoácidos, péptidos y proteínas. Disponible en:

- [https://rodas5.us.es/file/d14f1e70-da49-3549-5b754cf83e742a87/1/aminoacidos\\_peptidos\\_proteinas\\_SC ORM.zip/media/aminoacidos\\_peptidos\\_proteinas.swf](https://rodas5.us.es/file/d14f1e70-da49-3549-5b754cf83e742a87/1/aminoacidos_peptidos_proteinas_SC ORM.zip/media/aminoacidos_peptidos_proteinas.swf)
- Facultad de medicina, Laguna. (s.f.) Proteínas.  
Disponible en: <http://laguna.fmedic.unam.mx/~3dmolvis/proteina/main.s.f>