



# BIOQUÍMICA

Licenciatura en Enfermería

Primer Cuatrimestre

Septiembre-Diciembre

---

## Marco Estratégico de Referencia

---

### Antecedentes históricos

Nuestra Universidad tiene sus antecedentes de formación en el año de 1978 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 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 tardes.

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 julio de 1996 como chofer de transporte escolar, Karla Fabiola Albores Alcázar se integró en la docencia en 1998, Martha Patricia Albores Alcázar en el departamento de cobranza 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 19 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 las instalaciones de 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, basados en Altos Estándares de calidad Académica, que propicie el desarrollo de estudiantes, profesores, colaboradores y la sociedad.

## **Visión**

Ser la mejor Universidad en cada región de influencia, generando crecimiento sostenible y ofertas académicas innovadoras con pertinencia para la sociedad.

## Valores

- Disciplina
- Honestidad
- Equidad
- Libertad

## Escudo



El escudo del Grupo Educativo Albores Alcázar S.C. 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

“Pasión por Educar”

## Balam

Es nuestra mascota, su nombre proviene de la lengua maya cuyo significado es 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 a los integrantes de la comunidad UDS.

---

## Bioquímica

---

### 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). El alumno aplicará los conocimientos adquiridos para la separación, identificación, cuantificación, y análisis de proteínas.

## **UNIDAD I**

### **INTRODUCCIÓN A LAS BIOMÓLECULAS Y AL METABOLISMO**

- I.0 Introducción a la Bioquímica, conceptos generales
- I.1 Estructura de las células procariotas.
- I.2 Estructura y organización de las células eucarióticas.
- I.3 Principales bioelementos y biomoléculas que intervienen en los procesos metabólicos.
- I.4 El agua, estructura molecular, propiedades físico-químicas
- I.5 Enlaces químicos en las biomoléculas
- I.6 Amortiguadores en los sistemas biológicos

## **UNIDAD II**

- 2.1 Clasificación de los carbohidratos (con base en su número de átomos de carbono, su grupo funcional, el número de unidades).
- 2.2 Estructura de los monosacáridos.
- 2.3 Propiedades químicas y biológicas de los monosacáridos.
- 2.4 Estructura molecular de los disacáridos
- 2.5 Propiedades químicas y biológicas de los disacáridos.
- 2.6 Estructura molecular de los polisacáridos
- 2.7 Propiedades químicas y biológicas de los polisacáridos.
- 2.8 Métodos de purificación del carbohidrato
- 2.9 Digestión de los carbohidratos

## **UNIDAD III**

### **PROTEÍNAS**

- 3.1 Definición de proteínas, clasificación y estructura química
- 3.2 Estructura y clasificación de los aminoácidos.
- 3.3 Estereoisómeros y propiedades ópticas de los aminoácidos.
- 3.4 Propiedades químicas de los aminoácidos

## **UNIDAD IV**

### **ENZIMAS Y CINÉTICA ENZIMÁTICA**

- 4.1. Concepto de enzima.
- 4.2 Propiedades de las enzimas.
- 4.3. Clasificación de las enzimas (deshidrataras, hidrológicas, salicinas, entre otras)
- 4.4. Biomoléculas de alta energía (ATP, fosfoenolpiruvato, etc).
- 4.5 Ecuación de Michaelis-Menten (S), Km. Vmax).
- 4.6. Gráficos de Lineweaver-Burk y Eddie Hofstee.
- 4.7 Inhibición enzimática: inhibición reversible: competitiva, no competitiva y a competitiva, inhibición irreversible.

**Criterios de evaluación:**

No	Concepto	Porcentaje
1	Trabajos Escritos	10%
2	Actividades web escolar	20%
3	Actividades Áulicas	20%
4	Examen	50%
<b>Total de Criterios de evaluación</b>		<b>100%</b>

## **UNIDAD I BIOQUÍMICA**

### **1.0 Introducción a la Bioquímica, conceptos generales**

#### 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.

#### Desarrollo histórico 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. Siguió 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 Chevreul (1786-1889) quien 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 Barnard. 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.

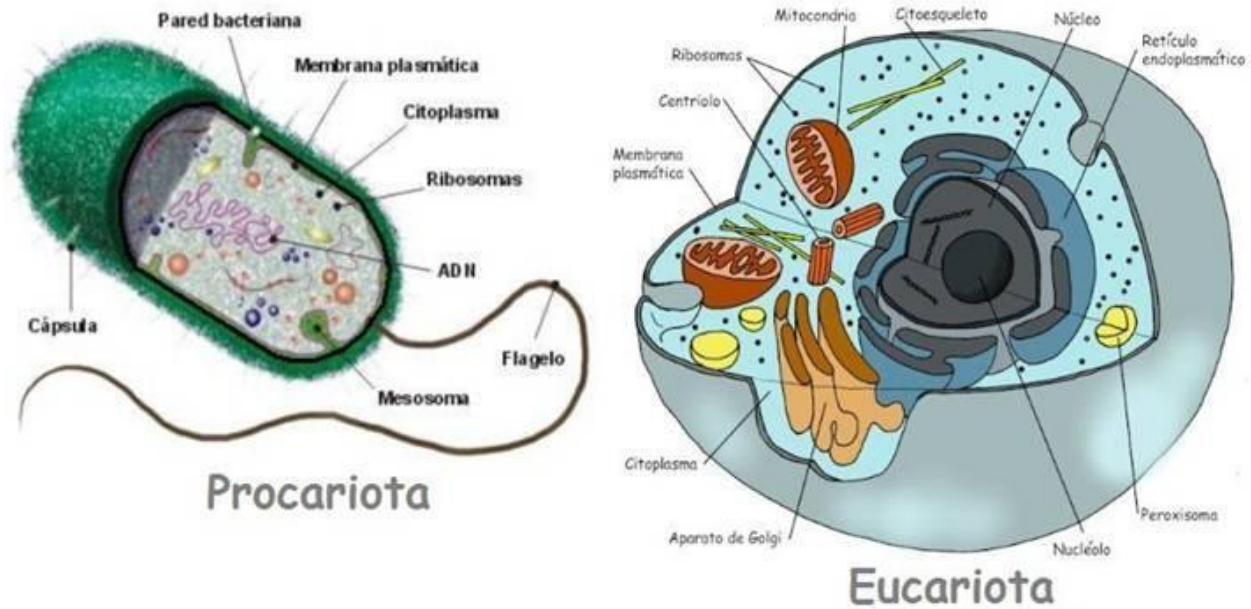
## **1.1 Estructura de las células procariotas.**

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.



## Aplicación de la bioquímica a las ciencias médicas

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 de cada 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. La diabetes mellitus, enfermedad muy difundida en el mundo, se manifiesta por aumento de la glucosa sanguínea, la que puede también aparecer en la orina. Los enfermos diabéticos no tratados pueden sufrir múltiples complicaciones, pero los síntomas se revierten en la mayoría de los casos, por la administración de la hormona insulina o compuestos que estimulan su secreción, y con una dieta apropiada. El diabético se reconoce como un enfermo que presenta déficit de acción insulínica, que resulta fundamental en la regulación del metabolismo. Por disminución de la síntesis de insulina o por

exceso se presentan una serie de enfermedades, las que han podido ser mejor interpretadas y por lo tanto eficientemente controladas, en la medida en que se han ido conociendo la estructura, las propiedades y el mecanismo interno de acción de la hormona correspondiente. Por otra parte, el conocimiento de la estructura de las que presentan naturaleza proteínica, como la insulina y la hormona del crecimiento, ha permitido su síntesis química, lo que también se ha logrado por medio de la ingeniería genética. 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 intraúterino, 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 su 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. 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 nacidos.

La importancia del conocimiento de las alteraciones bioquímicas no se aplica sólo a las enfermedades moleculares, sino a muchas otras. En distintos países se realizan numerosas investigaciones para estudiar las bases moleculares de la transformación de una célula normal en cancerosa. A nuestras embarazadas se les determina de manera precoz la presencia en suero sanguíneo de una proteína fetal (efecto proteína), la cual aumenta en el suero materno cuando existen alteraciones en el desarrollo del feto; la positividad de esta prueba, con el estudio

morfológico del feto por ultrasonido, pueden aconsejar la interrupción del embarazo, si se detecta alguna anomalía congénita severa, lo que brinda una mayor seguridad para la futura madre.

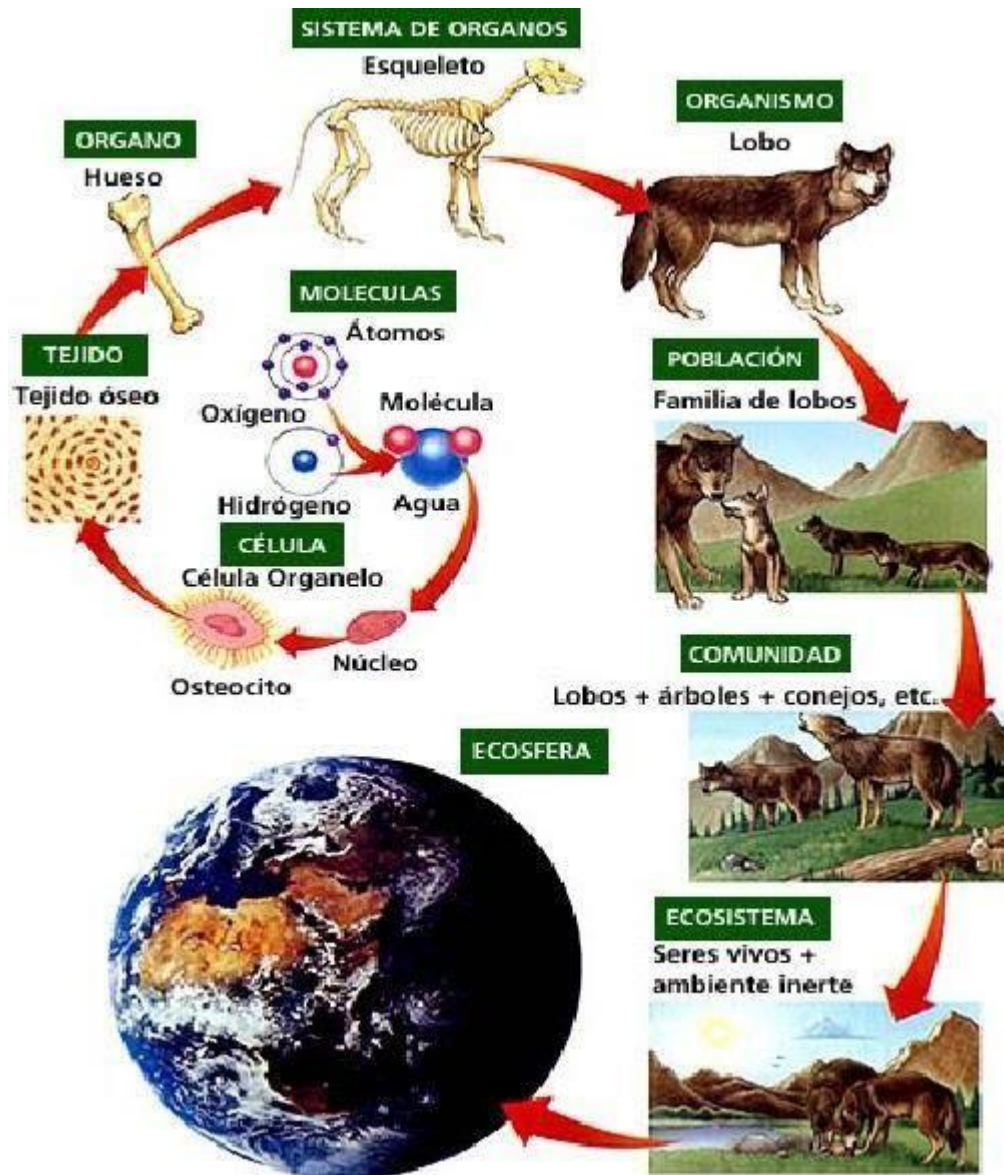
La bioquímica y en especial la bioquímica humana se ocupa del estudio de:

La relación 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. 2. 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.

Niveles de organización Biológica

Los niveles de organización biológica hacen referencia a la forma como está clasificada la materia.

En el siguiente esquema se muestra claramente el orden que sigue iniciando en el centro.



Átomo: Formado sub partículas atómicas como el electrón, protón y neutrón. El átomo es considerado la unidad mínima de materia.

Moléculas. Es la unión de dos o más átomos, ya sea del mismo elemento o diferentes.

Células. Estas pueden ser eucariontas y procariotas.

Tisular, también conocidos como tejidos; es la unión de células especializadas que realizan una función específica. Ejemplos, tejido adiposo, esponjoso, cardíaco.



Órganos. Los tejidos se estructuran y forman a los diferentes órganos como el estómago, riñones, hígado, corazón, etc.

Sistemas y aparatos, son el resultado de la unión de dos o más órganos.

Organismos. Este un nivel de organización superior donde aparecen los seres vivos complejos como el hombre, las plantas o cualquier animal.

Población, los organismos de las mismas especies se agrupan para protegerse y formar un núcleo poblacional.

Comunidad, seres que comparten las mismas características de supervivencia, formado por diferentes especies.

Ecosistema. Es la interacción de la comunidad biológica con el medio físico con una distribución espacial amplia.

Ecósfera. Todo lo que habita en el planeta tierra. Es el resultado de millones de años de evolución.

## **1.2 Estructura y organización en comportamientos de las células eucarióticas.**

La Biología celular es la parte de la ciencia que se encarga del estudio de las células en cuanto a lo que respecta a las propiedades, estructura, funciones, orgánulos que contienen, su interacción con el entorno y su ciclo vital.

Teoría Celular.

El descubrimiento de la célula: Robert Hooke 1665 observando en el microscopio comprobó que en los seres vivos aparecen unas estructuras elementales a las que llamo células. Fue el primero en utilizar este término. Antony Van Leeuwenhoek 1673 fabrico un sencillo microscopio con el que pudo observar algunas células como protozoos y glóbulos rojos. Observo bacterias y protozoos. Mathias Scheiden 1838 botánico alemán que lleo a la conclusión de que todos los tejidos vegetales estaban formados por células. Theodor Schwam 1839 zoólogo alemán, extendió las

conclusiones de Scheiden a los animales y postuló el primer concepto sobre teoría celular: Las células son la parte más elemental de las plantas y animales. Rudolf Virchow 1858 fue pionero en describir la teoría celular, afirmando: “Cada animal es la suma de sus unidades vitales, cada una de las cuales contiene las características de la vida. Todas las células provienen de otras células”. Enfatizando que las enfermedades surgen no en los órganos o tejidos en general, sino, de forma primaria en células animales.

## La célula

Es el nivel de organización de la materia más pequeño con capacidad para metabolizar y autopropetarse, por lo tanto, tiene vida y es el responsable de las características vitales de los organismos. En ella ocurren todas las reacciones químicas necesarias para mantenernos como individuos y como especie. Hacen posible la fabricación de nuevos materiales para crecer, reproducirse, repararse y autorregularse, así como la energía para todo ello.

La célula es una estructura constituida por tres elementos básicos: membrana plasmática, citoplasma y material genético (ADN). Posee la capacidad de realizar tres funciones vitales: nutrición, relación y reproducción.

**Membrana plasmática:** una membrana que la separa del medio pero que le permite el intercambio de materia.

**Citoplasma:** una solución acuosa en el que se llevan a cabo reacciones metabólicas.

**Orgánulos subcelulares:** estructuras subcelulares, separadas por la membrana, que desempeñan diferentes funciones dentro de la célula.

**Núcleo:** Contiene el material genético, formado por ácidos nucleicos.

La célula procariota.

•El material genético, ADN, está libre en el citoplasma. Formado por un solo cromosoma grande circular, débilmente asociada a proteínas. Está en una zona llamada nucleoide. •Citoplasma indiferenciado. •Sólo posee unos orgánulos: ribosomas. •Menores que las células eucariotas. •Pared celular formada por peptidoglicanos. •Movilidad mediante flagelos constituidos por flagelina. •Es el tipo de célula que presentan las bacterias.

La célula eucariota.

•El material genético ADN está estructurado en numerosos cromosomas y está rodeado por la membrana nuclear y forma el núcleo. •ADN asociado a proteínas: histonas. •Poseen un gran número de orgánulos en el citoplasma: mitocondrias, cloroplastos, peroxisomas, retículo endoplasmático, aparato de golgi, lisosomas, vacuolas. •Pared celular en células vegetales compuesta por celulosa, pectina, lignina. •Movilidad celular por cilios y flagelos constituidos por tubulina. •Es el tipo de célula que presentan el resto de seres vivos.

### **1.3 Principales bioelementos y biomoléculas que intervienen en los procesos metabólicos.**

Los bioelementos son los elementos químicos que constituyen los seres vivos.

De los aproximadamente 100 elementos químicos que existen en la naturaleza, unos 70 se encuentran en los seres vivos. De éstos, sólo unos 22 se encuentran en todos en cierta abundancia y cumplen una cierta función.

Clasificaremos los bioelementos en:

>Bioelementos primarios: O, C, H, N, P y S.

>Bioelementos secundarios: Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>,

Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>. Aunque se encuentran en menor proporción que los primarios, son también imprescindibles para los seres vivos. En medio acuoso se encuentran siempre ionizados.

Oligoelementos o elementos vestigiales: Son aquellos bioelementos que se encuentran en los seres vivos en un porcentaje menor del 0.1%. Algunos, los indispensables, se encuentran en todos los seres vivos, mientras que otros, variables, solamente los necesitan algunos organismos.

C	K	Fe	Al
H	Mg <sup>2+</sup>	Co	V
N	Ca <sup>2+</sup>	Cu	Mo
P	Cl <sup>-</sup>	Zn	I
S			Si

## PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS BIOELEMENTOS

### PRIMARIOS

El hecho de que los bioelementos primarios sean tan abundantes en los seres vivos se debe a que presentan ciertas características que los hacen idóneos para formar las moléculas de los seres vivos. Así:

- Aunque no son de los más abundantes, todos ellos se encuentran con cierta facilidad en las capas más externas de la Tierra (corteza, atmósfera e hidrosfera).

Los elementos químicos más abundantes en la corteza terrestre y en los seres vivos (en % en peso).			
Elementos	Corteza (%)	Elementos	Seres vivos (%)
Oxígeno	47	Oxígeno	63
Silicio	28	Carbono	20
Aluminio	8	Hidrógeno	9,5
Hierro	5	Nitrógeno	3

Sus compuestos presentan polaridad por lo que fácilmente se disuelven en el agua, lo que facilita su incorporación y eliminación.

H																		H	
L	Be											B	C	N	O			F	N
N	M											Al	Si	P	S			Cl	A
K	C	Sc	T	V	C	M	Fe	C	N	C	Z	G	G	A	Se			Br	K
R	Sr	Y	Z	N	M	T	R	R	Pd	A	C	I	Sn	Sb	T			I	X
C	Ba	La	Hf	T	W	R	O	I	Pt	A	H	T	Pb	Bi	P			A	R
Fr	Ra	A																	
				C	P	N	P	S	Eu	G	T	D	H	E	T	Y			Lu
				T	Pa	U	N	Pu	A	C	Bk	C	Es	F	M	N			L

{ Primarios { Secundarios {  Oligoelementos } } }

## Indispensables

El C y el N presentan la misma afinidad para unirse al oxígeno o al hidrógeno, por lo que pasan con la misma facilidad del estado oxidado al reducido. Esto es de gran importancia, pues los procesos de oxidación-reducción son la base de muchos procesos químicos muy importantes y en particular de los relacionados con la obtención de energía como la fotosíntesis y la respiración celular.

El C, el H, el O y el N son elementos de pequeña masa atómica y tienen variabilidad de valencias, por lo que pueden formar entre sí enlaces covalentes fuertes y estables. Debido a esto dan lugar a una gran variedad de moléculas y de gran tamaño. De todos ellos el carbono es el más importante. Este átomo es la base de la química orgánica y de la química de los seres vivos.

## LAS BIOMOLÉCULAS: CLASIFICACIÓN

Los bioelementos se unen entre sí para formar moléculas que llamaremos biomoléculas: Las moléculas que constituyen los seres vivos. Estas moléculas se han clasificado tradicionalmente en los diferentes principios inmediatos, llamados así porque podían extraerse de la materia viva con cierta facilidad, inmediatamente, por métodos físicos sencillos, como : evaporación, filtración, destilación, disolución, etc.

Los diferentes grupos de principios inmediatos son:

Inorgánicos	Orgánicos
-------------	-----------

-Agua	-Glúcidos
-CO <sub>2</sub>	-Lípidos
-Sales minerales	-Prótidos o proteínas

### LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS DE LOS SERES VIVOS.

Son compuestos orgánicos los compuestos de carbono. Esto es, aquellos en los que el átomo de carbono es un elemento esencial en la molécula y forma en ella la cadena básica a la que están unidos los demás elementos químicos.

Los seres vivos contienen compuestos orgánicos. Son éstos los que caracterizan a la materia viva y la causa de las peculiares funciones que realiza. La gran variedad de compuestos orgánicos que contienen los seres vivos no se clasifican desde un punto de vista químico, sino a partir de criterios muy simples, tales como su solubilidad o no en agua, u otros. Siguiendo estos criterios se clasifican en;

-Glúcidos o hidratos de carbono

-Lípidos

-Prótidos (proteínas)

-Ácidos nucleicos

Las funciones que cumplen estos compuestos en los seres vivos son muy variadas

## **I.4 El agua, estructura molecular, propiedades físico-químicas**

### **El agua**

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.



## Propiedades

Como es del conocimiento general, la molécula de agua está formada por dos átomos de H, unidos covalentemente a un átomo de O. En la figura de abajo se muestran las distancias de las variables estructurales de la molécula, medidas en Amstrongs (1 m = 10 000 000 000 de Å).

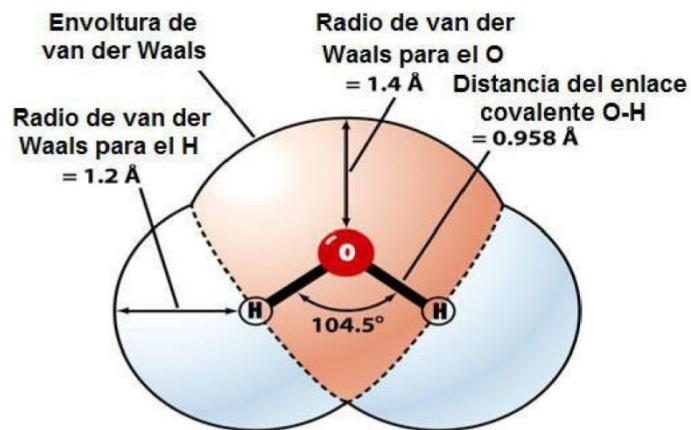
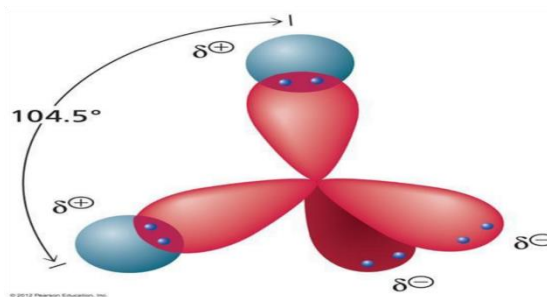


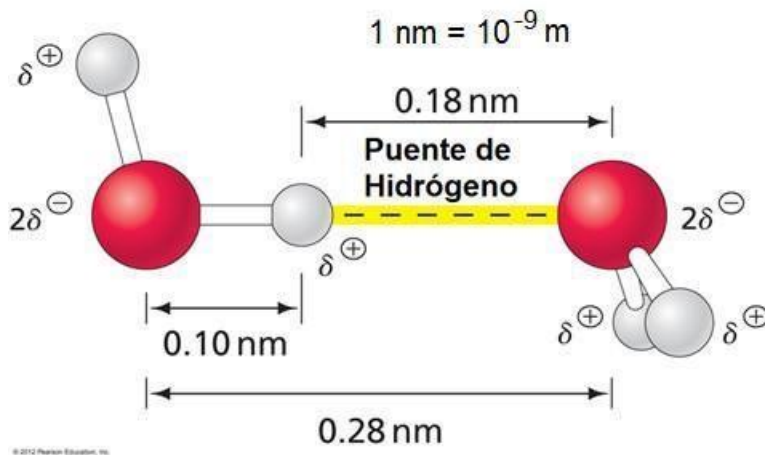
Figure 2-1a Fundamentals of Biochemistry, 2/e  
© 2006 John Wiley & Sons

En la siguiente figura se puede observar que los orbitales sp<sup>3</sup> forman una estructura tetraédrica (parecida al átomo de carbono en la molécula de metano), de tal forma que quedan dos orbitales con un par de electrones cada uno. Esta geometría angular de la molécula de agua tiene enormes implicaciones biológicas en los seres vivos, tales como la polaridad y la capacidad para formar puentes de hidrógeno.



Como consecuencia de su geometría, en cada molécula de agua los enlaces covalentes entre el oxígeno y los dos átomos de hidrógeno forman un ángulo de  $104.5^\circ$ . Además debido a que el átomo de O es más electronegativo que el H, atrae más hacia su núcleo al par de electrones compartidos y dado que cuenta con sus dos orbitales electrónicos no apareados, en total queda con una carga parcial negativa de  $-0.66 e$ , mientras que cada átomo de H una de  $+0.33$ , donde  $e$  es la carga de un electrón. Esta condición hace que se puedan dar atracciones electrostáticas entre las molécula de agua, así como entre el agua y otras moléculas polares o cargadas.

Al ser las moléculas de agua dipolos eléctricos, pueden formar entre sí, las interacciones llamadas puentes de Hidrógeno que se dan entre el átomo de oxígeno de una molécula y los átomos de hidrogeno de las moléculas vecinas. Estos puentes de hidrogeno se forman y se rompen a gran velocidad, y su estabilidad disminuye al elevarse la temperatura.



La presencia de puentes de H hace que las moléculas de agua se mantengan unidas (posesividad) y la sustancia se presente en forma líquida a temperaturas a las que otras sustancias de masas moleculares similares, como el  $\text{CH}_4$  y el  $\text{H}_2\text{S}$  son gaseosas.

El hecho de que el agua sea líquida en un amplio rango de temperaturas que se dan en la

Tierra, es lo que ha posibilitado el desarrollo de la vida en nuestro planeta. De la posesividad dependen una serie de propiedades del agua de gran importancia para los seres vivos.

Así, debido a la posesividad se da el fenómeno de la capilaridad, que permite el ascenso de la savia a través de los finísimos conductos que forman los vasos leñosos en las plantas. También es responsable de que el agua sea un líquido prácticamente incompresible capaz de dar volumen y turgencia a muchos seres vivos, es además responsable de la elevada tensión superficial del agua (propiedad que permite las deformaciones del citoplasma celular y los movimientos internos en la célula).

La posesividad y por lo tanto las interacciones por puentes de H son responsables del elevado calor específico del agua (definido como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una unidad de masa, en un grado). El calor específico del agua, le permite ganar o liberar una gran cantidad de calor por cada grado en que varíe su temperatura que al calentarse o al enfriarse.; lo que permite que el agua actúe como amortiguador térmico, evitando bruscas alteraciones de la temperatura y evitando de esta forma que, por ejemplo, algunas moléculas como las proteínas, muy sensibles a los cambios térmicos, se alteren.

Por otro lado el agua necesita una gran cantidad de calor para su evaporación (539 cal/g), lo cual depende también de la posesividad, pues para pasar del estado líquido al gaseoso es necesario romper los puentes de H entre las moléculas de agua. Esta propiedad también es de gran importancia para la regulación de la temperatura corporal en muchos seres vivos (por ejemplo por medio de la sudoración).

Punto de fusión	0°C	(a 1 atm)
Punto de ebullición	100°C	(a 1 atm)
Densidad (a 40°C)	1g/cm <sup>3</sup>	

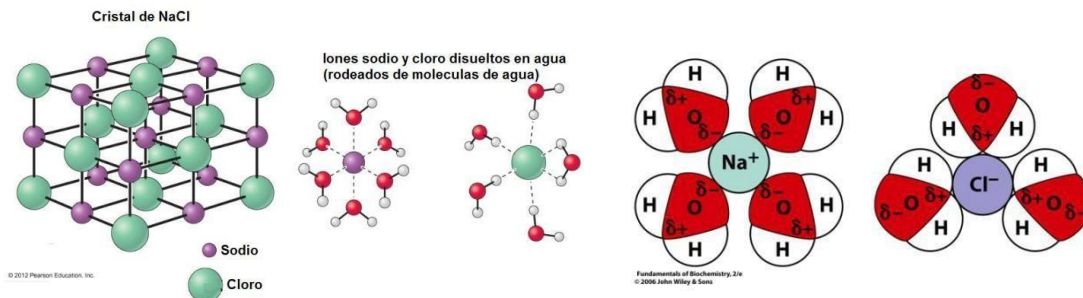
Densidad (0°C)	0.97g/cm <sup>3</sup>
Calor específico	1cal/g°C
Calor de fusión	79.9 cal/g

Viscosidad	1.0020 cP (a 20 °C, 1 cP = 10 <sup>-2</sup> dina s/cm <sup>-2</sup> )
Calor de evaporación	539 cal/g (a 100 °C)

A continuación se enlistan algunas de las propiedades más importantes del agua relacionadas con la formación de puentes de Hidrógeno

### Solubilidad

Debido a su alta polaridad, el agua es un buen disolvente para los compuestos polares e iónicos. Como se puede ver en la siguiente figura, en el estado cristalino los iones de NaCl permanecen altamente ordenados, mientras que en solución, las moléculas de agua se disponen alrededor de los iones positivos (Na<sup>+</sup>) con la parte negativa de su molécula hacia ellos; por su parte, los iones negativos (Cl<sup>-</sup>) enfrentan la carga parcial positiva del agua.

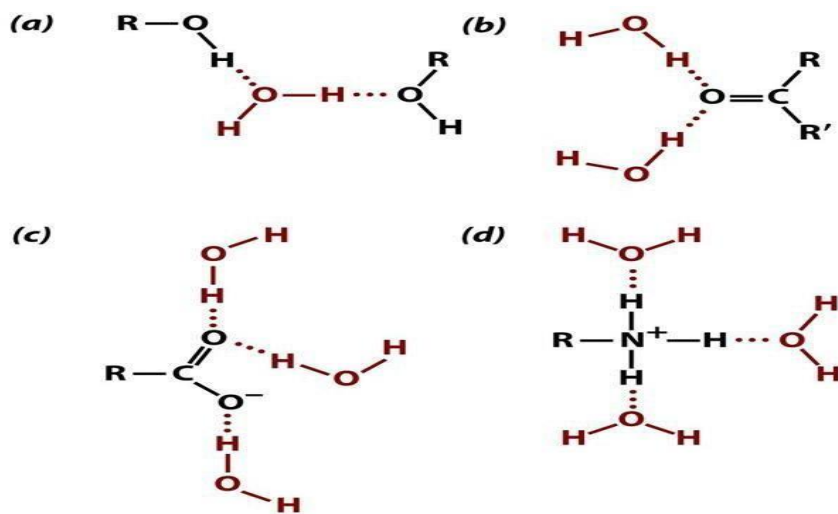


La esfera de moléculas de agua que rodea a cada ión se llama esfera de solvatación y con frecuencia contiene varias capas de agua de solvatación. A las moléculas que se pueden disociar y formar iones en solución acuosa, se les llama electrolitos. La ionización ocurre porque uno de los átomos gana uno o más electrones y mientras que el otro se los cede. Los electrolitos no son las únicas sustancias hidrofílicas que son solubles en agua. Toda molécula polar, también tendrá tendencia a solvataarse por moléculas de agua.

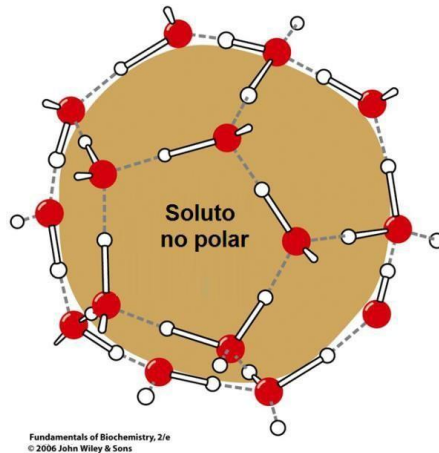
Además la solubilidad de muchas sustancias orgánicas aumenta por la capacidad que tengan sus grupos funcionales para formar puentes de H con las moléculas de agua.

Algunas moléculas que contienen un gran número de átomos de O, como por ejemplo los carbohidratos o N, como por ejemplo poliaminas y poliamidas de bajo peso molecular, también serán solubles en agua debido a las interacciones por puentes de H.

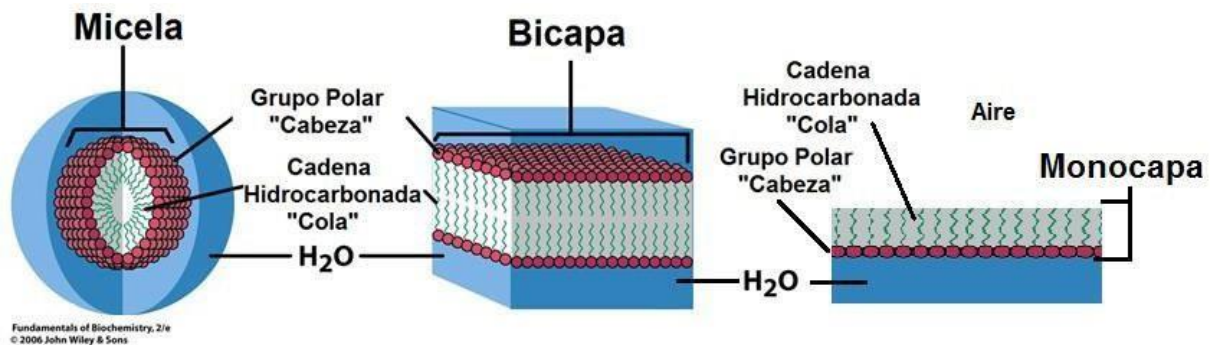
Por el contrario, las sustancias orgánicas que presentan una elevada proporción de átomos de C e H y pocos átomos de O son solutos de baja polaridad y por lo tanto poco solubles en agua. Un ejemplo de ello son los lípidos



En la representación de abajo se muestra como la molécula permanece insoluble sin interactuar con las moléculas de agua.

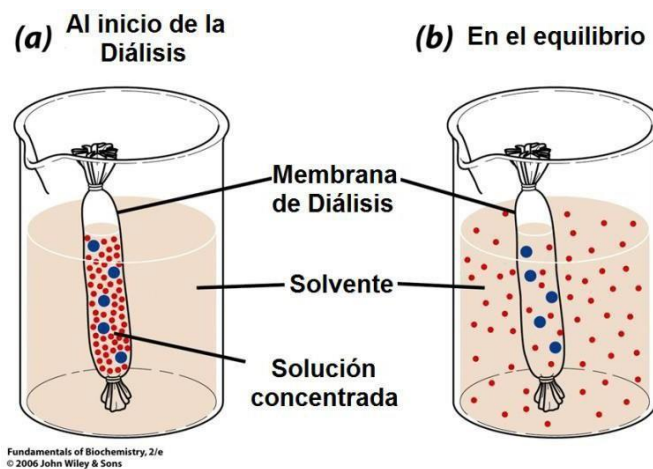


Algunas sustancias tienen una parte de su molécula que es soluble en agua (hidrófila) y otra parte insoluble (hidrófoba). Estas sustancias se dice que son anfipáticas. Este es un hecho común en el caso de moléculas de cadenas hidrocarbonadas con un extremo cargado, como fosfolípidos y esfingolípidos. Cuando las moléculas de un compuesto anfipático están presentes en un medio acuoso, se ordenan y orientan para dar lugar a la formación de micelas o bicapas, tal y como ocurre en las membranas celulares y en las vesículas, o simplemente en monocapas al estar presentes en la superficie acuosa.



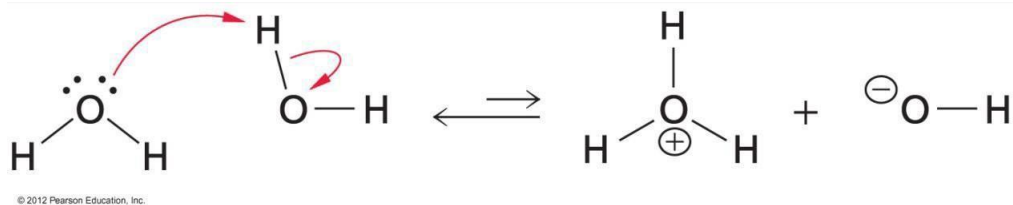
Las moléculas de gran tamaño como los polisacáridos y las proteínas, cuando son solubles en agua, forman un tipo especial de disoluciones denominadas coloides. Las disoluciones coloidales pueden existir en los estados: sol y gel. En el estado de sol predomina la fase dispersante, el agua, por ejemplo, sobre la fase dispersa y la solución es más fluida. En estado de gel predomina la fase dispersa, por ejemplo: la proteína, sobre la fase dispersante, y la solución es más viscosa.

El paso de un estado a otro es reversible y diversos factores físicos y químicos pueden hacer que una solución pase de un estado a otro sin necesidad de variar la concentración de soluto. Estos factores pueden ser: el pH, la temperatura o una alteración en la concentración de determinados iones presentes en el medio. Las soluciones coloidales pueden separarse por diálisis por medio de membranas cuyos poros sólo permiten pasar las moléculas de pequeño tamaño y no las partículas coloidales.



### Ionización y valor de pH del agua

Una de las propiedades más importantes del agua es su pequeña tendencia a ionizarse. El agua pura no está formada solo por  $H_2O$ , sino que también puede existir una baja concentración de iones hidronio ( $H_3O^+$ ) y una concentración igual de iones hidroxilo ( $OH^-$ ). Esos iones se forman por un ataque nucleofílico del átomo de oxígeno contra un átomo de H de una molécula de agua vecina. Tal y como se muestra en la figura siguiente:



Como puede verse en la figura de abajo, en el sentido inverso de la reacción, los iones hidronio pueden actuar como ácidos (donadores de protones) cediendo su protón hacia el ión hidroxilo formando nuevamente dos moléculas de agua (H<sub>2</sub>O). En este caso el ión hidroxilo actúa como base (ganando protones).

La doble flecha de la reacción de ionización del agua indica que ambas reacciones se llevan a cabo continuamente, es decir se trata de una reacción reversible. Continamente moléculas de agua están formando iones a la vez que esos iones están regenerándose en moléculas de agua, hasta alcanzar un estado de equilibrio, estado en el cual la concentración molar de iones hidronio e hidroxilo, así como la de las moléculas de agua serán constantes. Como puede observarse sin embargo la flecha de reacción en sentido hacia la ionización es menor que la flecha en sentido inverso hacia la regeneración de las moléculas de agua. Esto indica que en el equilibrio tendremos una concentración mayor de moléculas de agua que la concentración de los iones.

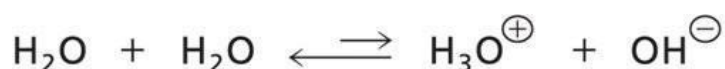
## 1.5 Enlaces químicos en las biomoléculas

Tipos de enlaces atómicos y enlaces moleculares

El enlace químico entre átomos ocurre debido a la disminución neta de la energía potencial de los átomos en el estado enlazado. Esto significa que los átomos en estado enlazado están en condiciones energéticas más estables que cuando están libres.

Los enlaces químicos entre los átomos pueden

### •Primarios (enlaces fuertes)





Electronegatividad	Tipo de enlace	Tiene lugar entre	Ejemplos
--------------------	----------------	-------------------	----------

- Enlaces Covalentes

- Covalente polar y no polar

- Enlaces Iónicos

- Enlace Metálico

### **Secundarios (enlaces débiles)**

- Enlaces de dipolo permanente

- Enlaces dipolares variables o transitorios

Muy diferentes	Iónico	Metal y no metal	NaCl
Ambas altas y similares	Covalente	No metales entre sí	H <sub>2</sub> O
Ambas bajas y similares	Metálico	Metales entre sí	Fe (s)

### EL ENLACE COVALENTE

El enlace covalente se establece cuando se combinan elementos con electronegatividades altas y parecidas. El enlace se produce porque los átomos comparten electrones de su capa de valencia

## Enlace covalente

Se comparten los electrones de valencia entre dos átomos adyacentes.

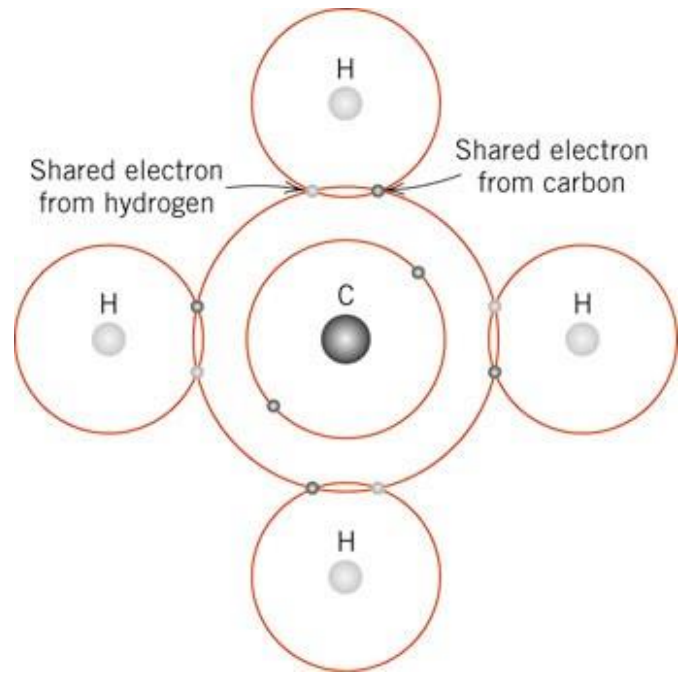
Es direccional, es decir, es entre átomos específicos. •

Moléculas de elementos no metálicos:  $H_2$ ,  $Cl_2$ ,  $F_2$ , etc. Y

Moléculas con átomos diferentes:  $CH_4$ ,  $H_2O$ ,  $HNO_3$ ,  $HF$ . • Sólidos elementales: diamante

(Carbono), silicio, germanio • Compuestos sólidos de elementos del lado derecho de la tabla periódica:  $GaAs$ ,  $InSb$ ,  $SiC$ .

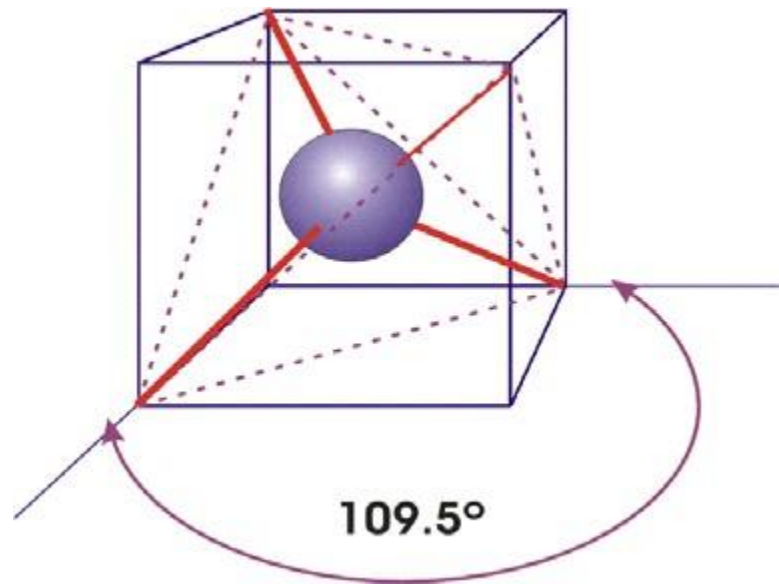
La dependencia de la fuerza y energía de enlace con la distancia entre iones son similares a las del enlace iónico.



Los sólidos covalentes tienen un ángulo de enlace, determinado por la naturaleza direccional de la distribución compartida de los electrones de valencia.

Configuración tetraédrica de los enlaces covalentes con carbono.

El número de enlaces covalentes que es posible para un átomo particular está determinado por el número de electrones de valencia.



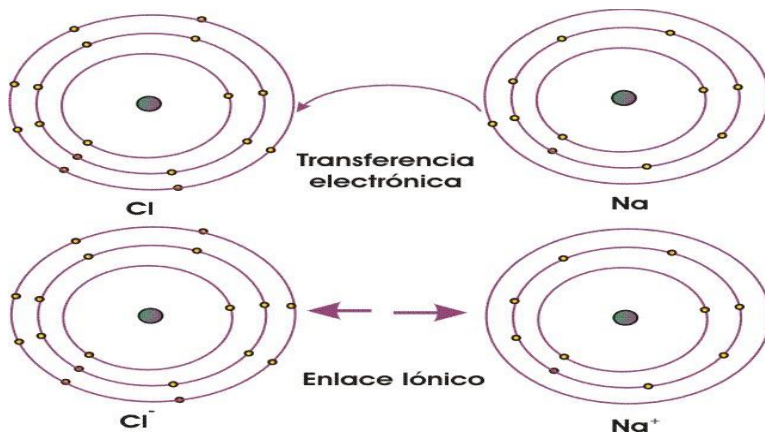
Para  $N'$  electrones de valencia, un átomo puede enlazarse covalentemente con a lo más  $8 - N'$  átomos. Por ejemplo: Cloro tiene  $N'=7$        $8 - N'=1$

Por tanto, cada átomo de Cl puede unirse a un solo átomo, como en el  $Cl_2$ .

Para el carbono  $N'=4$        $8 - 4 = 4$  electrones para compartir En el diamante cada átomo de carbono está enlazado covalentemente con otros cuatro átomos de carbono

### Enlace iónico

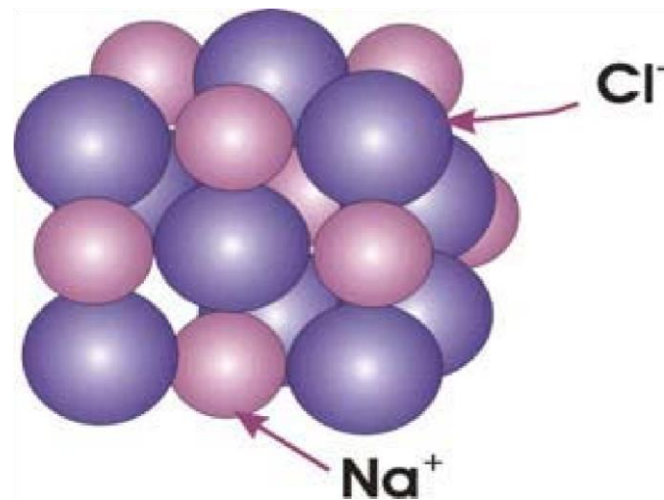
Es la consecuencia de la transferencia de electrones desde un átomo a otro.



El enlace iónico es no direccional

El catión  $Na^+$  atrae por igual en todas direcciones a cualquier anión  $Cl^-$  adyacente.

Los iones  $Na^+$  y  $Cl^-$  se disponen en capas apiladas entre sí de forma sistemática para maximizar el número de iones de carga contraria que rodean a un ion dado:

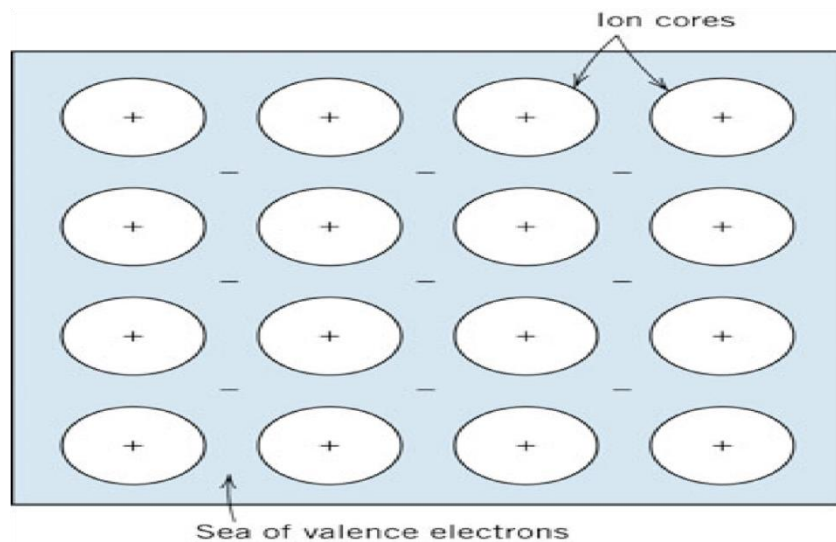


6  $\text{Na}^+$  rodean a cada  $\text{Cl}^-$  y 6  $\text{Cl}^-$  rodean a cada  $\text{Na}^+$

### Enlace metálico

- Distribución compartida de electrones
- No es direccional

Electrones de valencia deslocalizados



Las fuerzas o uniones intermoleculares son aquellas interacciones que mantienen unidas las moléculas. Se tratan de fuerzas electrostáticas.

La presencia de estas fuerzas explica, por ejemplo, las propiedades de los sólidos y los líquidos.

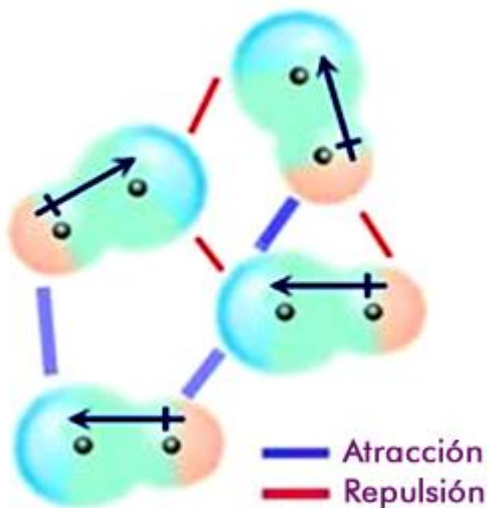
Se diferencian de las fuerzas intramoleculares, por estas, corresponden a interacciones que mantienen juntos a los átomos en una molécula. Por lo general, las fuerzas intermoleculares son mucho más débiles que las fuerzas intramoleculares.

Hay varios tipos de fuerzas intermoleculares, como las fuerzas de Van der Waals y los puentes de hidrógeno.

### Fuerzas de Van der Waals

Son fuerzas intermoleculares que determinan las propiedades físicas de las sustancias. Entre estas fuerzas tenemos las siguientes:

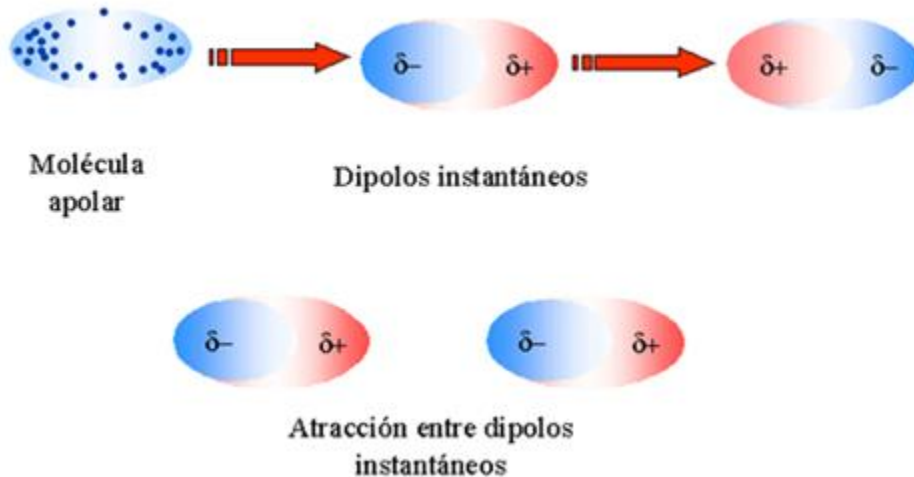
a- Las fuerzas dipolo-dipolo son fuerzas de atracción entre moléculas polares, dado que, éstas moléculas se atraen cuando el extremo positivo de una de ellas está cerca del negativo de la otra.



En los líquidos, cuando las moléculas se encuentran en libertad para poder moverse, pueden encontrarse en orientaciones atractivas o repulsivas. Por lo general, en los sólidos, predominan las atractivas.

b- Las fuerzas de dispersión de London, se da entre moléculas apolares, y ocurren porque al acercarse dos moléculas se origina una distorsión de las nubes electrónicas de ambas, generándose

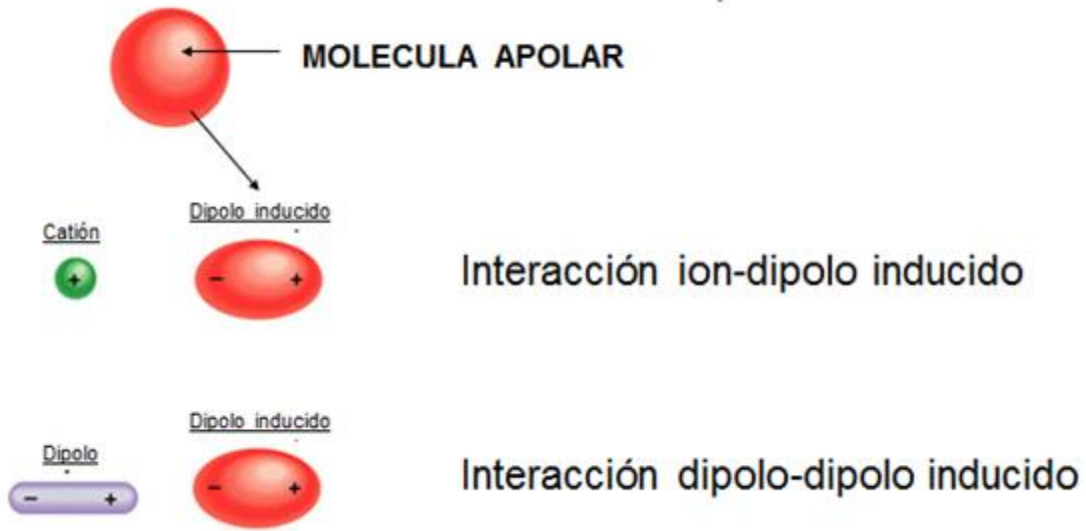
en ellas, dipolos inducidos transitorios, debido al movimiento de los electrones, por lo que permite que interactúen entre sí.



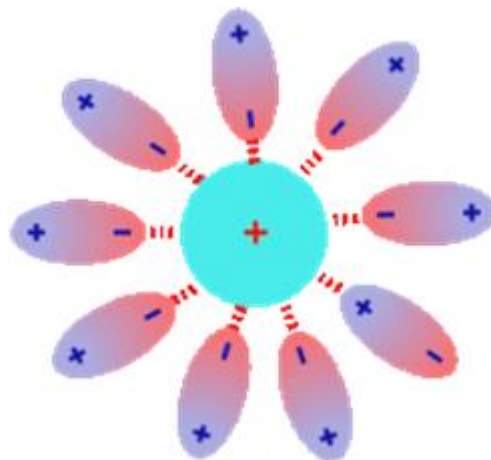
La intensidad de la fuerza depende de la cantidad de electrones que posea la molécula, dado que si presenta mayor número de electrones, habrá una mayor polarización de ella, lo que generará que la fuerza de dispersión de London sea mayor.

Las siguientes fuerzas también están incluidas en las fuerzas de Van der Waals:

c- Las fuerzas dipolo-dipolo inducido, corresponden a fuerzas que se generan cuando se acerca un ión o un dipolo a una molécula apolar, generando en ésta última, una distorsión de su nube electrónica, originando un dipolo temporal inducido. Esta fuerza explica la disolución de algunos gases no polares, como el cloro  $\text{Cl}_2$ , en solventes polares.



d- Las fuerzas i3n-dipolo son fuerzas de atracci3n entre un i3n, es decir, un 3tomo que ha perdido o ganado un electr3n y por ende, tiene carga, y una mol3cula polar. De esta manera, el i3n se une a la parte de la mol3cula que tenga su carga opuesta. Mientras mayor sea la carga del i3n o de la mol3cula, la magnitud de la atracci3n ser3 mayor. Estas fuerzas son importantes en los procesos de disoluci3n de sales.



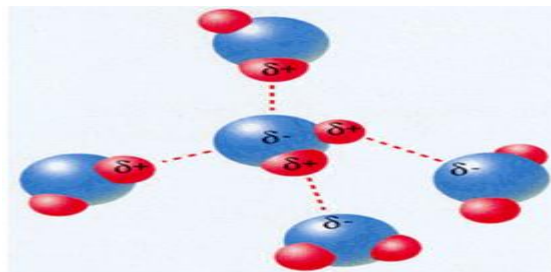


e- Fuerzas ion-dipolo inducido, parecida a la anterior, pero el dipolo es previamente inducido por el campo electrostático del ion.

### **Puente de hidrógeno**

Los puentes de hidrógeno, son un tipo de fuerza dipolo-dipolo, sin embargo, en esta interacción interactúa una molécula que presenta hidrógeno en su estructura, con otra que presenta un átomo con una elevada electronegatividad, como oxígeno, flúor o nitrógeno (O, F, N).

De esta manera, entre el hidrógeno, que presenta una baja electronegatividad y el átomo electronegativo, se establece una interacción, debido a sus cargas opuestas, lo que provoca que estas fuerzas sean muy fuertes. Este tipo de interacción, se da por ejemplo, entre moléculas de H<sub>2</sub>O, HF y NH<sub>3</sub>.



$\delta+$  = Parte deficiente de electrones en el agua es el hidrógeno.

$\delta-$  = Parte rica en electrones en el agua es el oxígeno.

Las características de este enlace son las siguientes

- Es localizado, de ahí que se lo denomine enlace.

- Su energía es superior a la de las fuerzas de Van der Waals, pero menor que la de los enlaces covalente e iónico.

-Produce altos puntos de ebullición y de fusión.

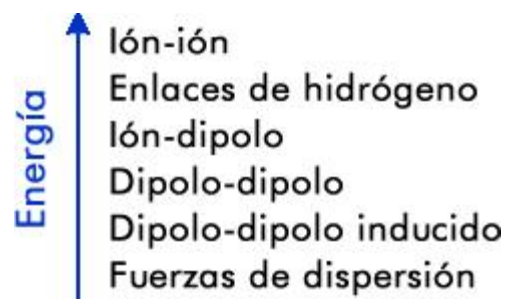
- En él siempre interviene el hidrógeno unido a un átomo electronegativo.

¿Sabías qué los enlaces puente de hidrógeno son los responsables de que el agua no se evapore tan fácilmente y que por lo tanto, permanezca líquida? Esto permite la vida en el planeta Tierra.

¿Cómo es la fuerza de cada una de estas interacciones?

Es importante destacar, que ninguna de estas interacciones es más fuertes que los enlaces iónicos o covalentes, ya que, en ellos, están participando los electrones, mientras que en las interacciones entre moléculas, solamente hay fuerzas que se atraen.

Sin embargo, es posible establecer, diferencias en cuanto a la intensidad de estas fuerzas, dependiendo de la polaridad de las moléculas participantes, y de la polarización de su nube electrónica.



Esto se puede ver representado, según el punto de fusión y/o ebullición que presenta una sustancia, debido a que, para que se produzca un cambio de estado, deben debilitarse e incluso romperse estas fuerzas que mantienen unidas a las moléculas, y mientras mayor sea la fuerza de ésta, mayor

será el punto de fusión y/o ebullición de la sustancia, pues, se requerirá mayor energía para poder vencerla.

## **I.6 Amortiguadores en los sistemas biológicos**

Sistemas amortiguadores del organismo

Los líquidos corporales son disoluciones amortiguadoras o tampón que pueden resistir los cambios de pH. Ello se debe a la presencia de sistemas amortiguadores que están constituidos por un ácido débil y su base conjugada en concentraciones semejantes:

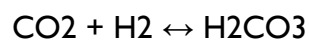


Donde A<sup>-</sup> es la base conjugada que se combina con los hidrogeniones (H<sup>+</sup>) para formar el ácido, HA.

Los sistemas amortiguadores pueden ser de acción extracelular o de acción intracelular. Los sistemas amortiguadores extracelulares más importantes son el sistema amortiguador del bicarbonato y el sistema amortiguador del fosfato. Los sistemas amortiguadores intracelulares más importantes son el sistema amortiguador de las proteínas, el sistema amortiguador del fosfato y el sistema amortiguador del bicarbonato

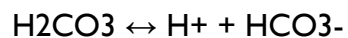
### **Sistema amortiguador del bicarbonato**

Consiste en una solución acuosa con dos componentes: un ácido débil (el ácido carbónico o H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) y una sal bicarbonato, por ejemplo bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>). El H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, se forma en el organismo mediante la reacción:



Esta reacción es lenta y las cantidades de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> que se forman son pequeñísimas a menos que tenga lugar en presencia de la enzima anhidrasa carbónica. Esta enzima es especialmente abundante en las paredes de los alvéolos pulmonares, desde se libera el CO<sub>2</sub>; también se encuentra en las células epiteliales de los túbulos renales, donde el CO<sub>2</sub> reacciona con el H<sub>2</sub>O para formar el H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

El H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> se ioniza débilmente para formar pequeñísimas cantidades de H<sup>+</sup> y de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

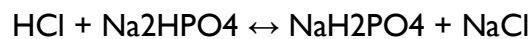


El segundo componente del sistema, el bicarbonato, se encuentra principalmente en forma de sal sódica ( $\text{NaHCO}_3$ ) y predomina en el LEC. El  $\text{NaHCO}_3$  se ioniza casi por completo, formando iones de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) y de sodio ( $\text{Na}^+$ ):



### **Sistema amortiguador de fosfato**

El sistema amortiguador de fosfato interviene sobre todo en el amortiguamiento del líquido de los túbulos renales y de los LIC. Los elementos principales de este sistema son  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (anión fosfato diácido) y  $\text{HPO}_4^{2-}$  (catión fosfato monoácido). Cuando se añade a una mezcla de estas sustancias un ácido fuerte, se produce lo siguiente:



El sistema amortiguador del fosfato es especialmente importante en los líquidos tubulares de los riñones porque el fósforo suele concentrarse mucho en esos túbulos. Además es importante para el amortiguamiento de los LIC, ya que la concentración de fosfato en estos líquidos es muy superior a la que existe en los LEC.

### **Sistema amortiguador de las proteínas**

Gracias a sus elevadas concentraciones, sobre todo en el interior de las células, las proteínas son uno de los amortiguadores más importantes del organismo. Constituyen el amortiguador más abundante en el LIC y en el plasma. La hemoglobina es una proteína que resulta especialmente eficaz como amortiguador dentro de los eritrocitos, en tanto que la albúmina constituye la principal proteína amortiguadora en el plasma.

Como las proteínas se componen de aminoácidos, contienen al menos un grupo carboxilo ( $-\text{COOH}$ ) y al menos un grupo amino ( $-\text{NH}_2$ ); estos grupos son los elementos funcionales del sistema amortiguador proteínico.

El grupo carboxilo libre en un extremo de la proteína actúa como ácido al liberar  $\text{H}^+$  cuando se eleva el pH. En esta forma el  $\text{H}^+$  puede reaccionar con cualquier exceso de  $\text{OH}^-$  que hay en la solución para formar agua.

El grupo amino libre que se encuentra en el otro extremo de la proteína puede actuar como base y combinarse con  $H^+$  cuando disminuye el pH.

Por consiguiente, las proteínas pueden amortiguar tanto los ácidos como las bases.

Además de los grupos terminales carboxilo y amino, siete de los 20 aminoácidos tienen cadenas laterales que pueden amortiguar el  $H^+$

## **UNIDAD II**

### **2.1 Clasificación de los carbohidratos (con base en su número de átomos de carbono, su grupo funcional, el número de unidades).**

#### **CARBOHIDRATOS**

Son los compuestos orgánicos denominados azúcares, y están formados por carbono, oxígeno e hidrógeno.

Éstas son las biomoléculas más importantes de la naturaleza y constituyen la principal reserva energética de los seres vivos. Los carbohidratos están formados por una o varias unidades constituidas por cadenas de entre 3 a 7 átomos de carbono. Uno de éstos carbonos es un grupo carbonilo, aldehído  $-CHO$ , o cetona  $-CO-$ , el resto de los átomos están unidos a grupos hidroxilo  $-OH$ . Por ello se denominan polihidroxialdehídos o aldosas y polihidroxicetonas o cetosas.

Las polihidroxialdehídos y las polihidroxicetonas se pueden unir mediante enlaces covalentes, para dar lugar a polímeros, éstos enlaces se denominan enlaces O-glucosídico. Los carbohidratos se utilizan para producir y almacenar energía por las células (glucosa, glucógeno y almidón), algunos como la celulosa constituyen importantes estructuras celulares, algunos asociados a lípidos (glucolípidos) y proteínas (glucoproteínas) desempeñan papel clave en el reconocimiento entre las células.

#### **Clasificación**

## Monosacáridos

Son los hidratos de carbono elementales, responden a la fórmula general es  $(CH_2O)_n$ . donde n es un número entero comprendido entre 3 y 8, según su número de carbonos se denominan triosas, tetrosas, pentosas, etc. En general son blancos, de sabor dulce y soluble en agua.

Son moléculas que poseen isomería y en el caso de los monosacáridos que poseen más de 2 carbonos, las formas D y L se determinan teniendo en cuenta el  $-OH$  del carbono asimétrico más alejado del grupo carbonilo. Curiosamente en la naturaleza casi todos los carbohidratos se encuentran en la forma D.

Cuando los carbohidratos de 5 o más átomos de carbono se disuelven en agua, estado en el que se encuentran los seres vivos, adoptan estructuras cíclicas. En el caso de la D-glucosa forma un ciclo hexagonal, donde los vértices los ocupen 5 carbonos y un oxígeno. El carbono 1 en éste caso se ha convertido en carbono asimétrico y se denominan anómero  $\alpha$  y anómero  $\beta$ .

Los monosacáridos son moléculas de las que las células obtienen fácilmente energía. El más abundante de todos es la glucosa, algunas hexosas, glucosa, fructosa y galactosa, se unen entre sí para formar disacáridos.

## Oligosacáridos

Son compuestos formados por la unión de 2 a 10 monosacáridos, unidos mediante enlaces o-glucosídicos. En general son solubles en agua y tienen sabor dulce. Los oligosacáridos son cadenas cortas y lineales. El enlace se produce entre el carbono de un grupo hidroxilo de un monosacárido y el carbono anomérico de otro monosacárido.

## Disacáridos

Los disacáridos se forman por la unión de dos monosacáridos. En la reacción se desprende una molécula de agua y el enlace resultante se denomina glucosídico. Los disacáridos más abundantes en la naturaleza son: maltosa, lactosa y sacarosa.

Maltosa formada por la unión de 2 moléculas de glucosa, se encuentra en los granos de la cebada y se conoce como malta.

Lactosa resulta de la unión de una molécula de glucosa y una de galactosa. Es el azúcar presente en la leche de los mamíferos.

Sacarosa, formada por la unión de una molécula de glucosa y una de fructosa. La sacarosa es el principal disacárido de los vegetales, muy abundante en la caña de azúcar y en la remolacha. El enlace glucosídico puede romperse en presencia de agua y las correspondientes enzimas: maltasa, lactasa y sacarasa, el resultado son las correspondientes moléculas de monosacárido.

## Polisacáridos

### Polisacáridos vegetales

Compuestos por un gran número de monosacáridos unidos entre ellos mediante enlaces o-glucosídicos. En general no son dulces ni solubles en agua. Los polisacáridos más frecuentes en los seres vivos, almidón, glucógeno y celulosa; están formados únicamente por unidades de glucosa, otros polisacáridos como la quitina, no contienen glucosa sino un monosacárido derivado de ella.

Almidón. Es el polisacárido de reserva de las plantas, constituido por dos polímeros de glucosa, amilosa (30%) y amilopectina (70%). La amilosa es un polímero formado por unidades de glucosa unidas por enlaces  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4). La amilopectina es también un polímero de la glucosa formado por enlaces pero ramificado, las ramificaciones se inician con enlaces  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 6). La amilopectina presenta ramificaciones cada 30 unidades de glucosa aproximadamente lo que le impide formar la hélice que forma la glucosa. La presencia de amilopectina confiere al almidón una estructura menos compacta y más favorable a la acción de las enzimas hidrolíticas. El almidón se acumula en forma de plastos en las células vegetales. Es más abundante en las semillas y en los tubérculos.

**Glucógeno.** Es la principal sustancia de reserva de los animales. Es especialmente abundante en el hígado y en los músculos estriados. Está formado por cadenas lineales de glucosa unidas mediante enlaces  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) que presentan también ramificaciones  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 6), que aparecen cada 10 unidades de glucosa aproximadamente. El glucógeno no posee estructura helicoidal, lo que lo hace más accesible a la acción de las enzimas, y puede ser degradado en las células animales más rápidamente que el almidón en los vegetales.

**Celulosa.** Es un polisacárido muy importante, que entra a formar parte de la estructura de las células vegetales, siendo por ello la molécula orgánica más abundante sobre la Tierra. Es una cadena lineal de glucosas que se unen por enlaces  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4). Nosotros no podemos degradar la celulosa que ingerimos por carecer de las enzimas digestivas capaces de romper los enlaces  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4), pasando inalterada por el tracto digestivo sin proporcionarnos energía. Sin embargo, es importante en nuestra dieta, pues estimula el intestino y facilita la defecación. Muchas bacterias poseen celulasas y son capaces de degradar la celulosa, en el caso de los herbívoros éstos tienen microorganismos simbióticos que poseen en su tubo digestivo.

**Quitina** Es el principal componente del exoesqueleto de los insectos y de los crustáceos y de la pared que envuelve las células de los hongos. Se trata de un polímero de N-acetil glucosamina unidas por enlace  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4). Adopta una estructura similar a la celulosa pero con enlaces de hidrógeno más fuertes debido al grupo N-acetil. La dureza del exoesqueleto de los artrópodos se debe a la alternancia de capas de quitina con otras de proteína.

### **Glucoproteínas y glucolípidos**

En las membranas plasmáticas la mayor parte de las proteínas y algunos de los lípidos expuestos al exterior de la célula, poseen restos de oligosacáridos unidos covalentemente. Algunos de los monosacáridos que aparecen más frecuentemente en las glucoproteínas son: galactosa, glucosa, glucosamina, galactosamina, etc. Tienen un papel importante en las interacciones celulares. Un ejemplo es la estructura de los grupos sanguíneos humanos A, B, O. Estos grupos se definen por la presencia en la membrana plasmática de unos antígenos formados por glucoproteínas y glucolípidos.



## 2.2 Estructura de los monosacáridos.

Monosacáridos.

Constituyen la forma más simple, no pueden hidrolizarse a otra más sencilla. Ejemplo glucosa, fructosa y galactosa. Están formados por una molécula de polihidroxialdehído y polihidroxicetonas, cuya fórmula empírica responde a  $(CH_2O)_n$  donde  $n=3$  a  $7$ .

La cadena carbonada no es ramificada. Todos los átomos de carbono, excepto uno, se encuentran enlazados a un grupo hidróxilo (OH). El átomo de carbono no enlazado a grupo hidróxilo, lo está con un oxígeno y constituye el grupo funcional del monosacárido denominado grupo carbonilo.

Clasificación

Los monosacacaridos se clasifican según el número de átomos de carbono y según la posición que ocupa en la molécula el grupo carbonilo. Según el número de átomos de carbono, se dividen en:

Triosas (3 átomos de carbono)

Tetrosa (4 átomos de carbono)

Pentosa (5 átomos de carbono)

Hexosas (6 átomos de carbono)

Heptosas (7 átomos de carbono)

Cuando el grupo carbonilo se encuentre en el extremo de la molécula, el monosacárido será una aldosa. Cuando el grupo carbonilo no se encuentre en el extremo, sino en una posición intermedia, el monosacárido será una cetosa.

Formas de representación

Los monosacáridos se estudian mediante dos formas de representar su molécula.

Fórmula lineal de Fisher.

Fórmula cíclica de Haworth.

La fórmula e Fisher representa a la molécula de monosacárido de forma lineal, la cual no se ajusta a la realidad, pues no sirve para explicar muchas reacciones químicas, sin embargo, diversos autores la emplean para explicar algunas de sus propiedades.

La fórmula de Haworth es actualmente reconocida como real, o sea, cuando el monosacárido está en disolución. Esta fórmula es cíclica, lo que hace que las moléculas tomen forma de figuras geométricas, pentágonos, hexágonos, etc.

Propiedades físicas

Los monosacáridos son sólidos cristalinos de color blanco y de sabor dulce, solubles en agua e insolubles en disolventes no polares. Presentan isomería espacial o isómeria óptica.

El número de isómeros espaciales (estereoisómeros) de un monosacárido depende del número de átomos de carbono asimétricos que presente su molécula. Un carbono asimétrico es aquél cuyos cuatro enlaces están compartidos con cuatro grupos diferentes.

El gliceraldehído es el monosacárido más sencillo; es una aldotriosa y sólo presenta un átomo de carbono asimétrico, por tanto, sólo existirán dos estereoisómeros.

Los monosacáridos presentan isomería óptica; esto es que son ópticamente activos, ya que hacen rotar el plano de luz polarizada.

La luz polarizada se obtiene pasando un rayo de luz ordinariamente que vibra en los infinitos planos perpendiculares a la dirección de propagación, a través de los llamados prismas de Nicol, que no son más que un par de prismas de  $\text{CaCO}_3$  cortados según determinados ángulos. Los compuestos ópticamente activos se clasifican como dextrogiros y levogiros, de acuerdo con la dirección, que

hacen rotar el plano de la luz polarizada. El poder rotatorio se mide, experimentalmente, con ayuda de un equipo de laboratorio llamado polarímetro.

Los isómeros ópticos se denominan enantiomorfos y para su rotación se utiliza un signo + para los que hacen rotar el plano de la luz polarizada hacia la derecha (dextrogiros), y un signo – para los que hacen rotar el plano de la luz polarizada hacia la izquierda (levogiros).

Una mezcla de cantidades iguales de isómeros dextro y levo de cualquier sustancia es ópticamente inactiva y se denomina mezcla racémica.

Los estereoisómeros varían en sus propiedades físicas y químicas, los enantiomorfos no, no aunque si varían notablemente en sus propiedades biológicas; por ejemplo, una capa de bacterias puede fermentar las formas dextro de un compuesto y no tener ningún efecto sobre la forma levo.

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

- La propiedades químicas más importantes de los monosacáridos son:
- Poder reductor.
- Formación de glicósidos.

El poder reductor se debe a las características reductoras del grupo carbonilo. La reacción frente a los reactivos Tollens, Benedict o Fehling, da como primer producto ácido glucónico. Esta propiedad química es utilizada en azúcares reductoras en orina.

La formación de glicósidos ocurre cuando reacciona un monosacárido con un alcohol. Este tipo de reacción puede ocurrir también entre dos monosacacaridos dando lugar a un disacárido.

Este enlace que es capaz de unir largas cadenas de monosacáridos, se denomina enlace glicosídico.

Un fenómeno interesante de los monosacáridos es el llamado mutarrotación, el cual se debe a libre rotación del hidróxilo (OH) e hidrógeno del grupo carbonilo, de forma que surgen dos compuestos isómeros  $\alpha$  y  $\beta$ , los cuales se encuentran en equilibrio en solución y solo se diferencian en la posición del OH del grupo carbonilo.

## 2.4 Estructura molecular de los disacáridos

Disacáridos.

Son un tipo de hidratos de carbono, formados por la unión de dos monosacáridos iguales o distintos.

Los disacáridos más comunes son la sacarosa, la lactosa, la maltosa, la trehalosa.

Formación

Cuando el enlace glicosídico se forma entre dos monosacáridos, el holósido resultante recibe el nombre de disacárido.

Esta unión puede tener lugar de dos formas distintas.

En el primer caso, el carbono anomérico de un monosacárido reacciona con un OH alcoholico de otro. Así, el segundo azúcar presenta libre su carbono anomérico, y por lo tanto seguirá teniendo propiedades reductoras, y podrá presentar el fenómeno de la mutarrotación. Los disacáridos así formados se llaman disacáridos reductores.

En el segundo caso, el carbono anomérico de un monosacárido reacciona con el carbono anomérico del otro monosacárido. Así se forma un disacárido no reductor, donde no queda ningún carbono anomérico libre y que tampoco podrá presentar mutarrotación. En este caso, el enlace no es, estrictamente hablando, acetálico.

Disacáridos reductores

Lactosa, disacárido reductor

En ellos, el carbono anomérico de un monosacárido reacciona con un OH alcoholico de otro. A la hora de nombrarlos sistemáticamente, se considera monosacárido principal al que conserva su carbono anomérico libre, y se le antepone como sustituyente (entre paréntesis) el monosacárido que aporta su carbono anomérico al enlace glicosídico.

A este grupo pertenecen la maltosa, la isomaltosa, la gentibiosa, la celobiosa y la lactosa:

La maltosa (molécula de la tabla inferior) está formada por dos glucosas unidas por el OH del C1 en posición  $\alpha$  de una y el OH del C4 de otra. Su nombre sistemático es 4-O-( $\alpha$ -D-glucopiranosil)-D-glucopiranososa, o abreviado, G (1 $\alpha$ 4) G. No existe como tal en la Naturaleza, y se obtiene a partir de la hidrólisis del almidón (un polisacárido de reserva en vegetales).

La isomaltosa también está formada por dos glucosas, y difiere de la anterior en que el enlace glicosídico se forma entre el OH del C1 en posición  $\alpha$  de una y el OH del C6 de la otra. Su nombre sistemático es 6-O-( $\alpha$ -D-glucopiranosil)-D-glucopiranososa, o abreviado, G (1 $\alpha$ 6) G.

La gentibiosa (figura derecha de la tabla superior) está formada por dos glucosas unidas por el OH del C1 en posición  $\beta$  de una y el OH del C6 de otra. Su nombre sistemático es 6-O-( $\beta$ -D-glucopiranosil)-D-glucopiranososa, o abreviado, G (1 $\beta$ 6) G.

La celobiosa no existe como tal en la Naturaleza y se obtiene a partir de la hidrólisis de la celulosa, un polisacárido que forma parte de la pared celular en las plantas superiores. Está formada por dos glucosas unidas por el OH del C1 en posición  $\beta$  de una y el OH del C4 de otra. Su nombre sistemático es 4-O-( $\beta$ -D-glucopiranosil)-D-glucopiranososa, o abreviado, G (1 $\beta$ 4) G.

La lactosa está formada por glucosa y galactosa. El OH del C1 en posición  $\beta$  de la galactosa está unido al OH del C4 de la glucosa. Su nombre sistemático es 4-O-( $\beta$ -D-galactopiranosil)-D-glucopiranososa, o abreviado, Ga (1 $\beta$ 4) G. Este azúcar se encuentra como tal en la leche.

#### Disacáridos no reductores

En ellos, el carbono anomérico de un monosacárido reacciona con el carbono anomérico del otro monosacárido. El ejemplo representado en la figura de la izquierda corresponde a la sacarosa. En este caso, el enlace no es, estrictamente hablando, acetálico, ya que están reaccionando dos OH hemiacetálicos. Como no queda ningún carbono anomérico libre, estos disacáridos no podrán presentar mutarrotación.

A la hora de nombrarlos sistemáticamente hay dos opciones, ya que podemos considerar cualquiera de los dos monosacáridos como principal.

A este grupo pertenecen los disacáridos sacarosa y trehalosa:

La sacarosa (a la derecha) es el azúcar común o azúcar de caña. Es la forma usual de reserva hidrocarbonada de muchas plantas y se encuentra en el néctar de las flores, de forma que es un componente básico para la elaboración de la miel. Está formada por glucosa y fructosa unidas ambas por sus carbonos anoméricos. En forma abreviada se expresa como G (1 $\alpha$ 2 $\beta$ ) F. Para nombrarlo sistemáticamente hay dos opciones:

a-D-glucopiranosil- $\beta$ -D-fructofuranósido (considerando la fructosa como monosacárido principal)

$\beta$ -D-fructofuranosil)-a-D-glucopiranosido (si consideramos la glucosa como monosacárido principal).

La trehalosa es un disacárido no reductor de a-D-glucopiranososa: G (1 $\alpha$ 1 $\alpha$ ) G.

## Funciones y utilidades

Cuando dos moléculas de monosacáridos se condensan por enlace glucídico, es decir se produce una unión en la que se pierde una molécula de agua, se forma un disacárido. Los disacáridos más conocidos son, por ejemplo: la sacarosa, maltosa, lactosa y la trehalosa. La sacarosa está formada por el enlace glucídico de glucosa + fructosa. De los ejemplos de este disacárido el azúcar común es el más conocido. En el reino animal la glucosa es la que se encarga de aportar azúcar a la sangre, en el mundo vegetal es la sacarosa. Se genera en las células de la fotosíntesis y desde estas se transporta al resto de la planta. La lactosa es un disacárido de la unión de glucosa + galactosa. Es la que aporta dulzura a la leche.

Cuando 2 moléculas de glucosa se enlazan, dependiendo de la forma, se generan distintos disacáridos, ejemplos de estas uniones son: la maltosa, resulta de la unión con oxígeno de las moléculas de glucosa. Los ejemplos más conocidos de maltosa son los granos de cebada germinada. Otro disacárido que sirve como ejemplo de enlace glucosa + glucosa es la trehalosa, que es la que transporta la energía en la sangre de los insectos. Se encuentra en alimentos como los champiñones o las setas.

Otro de los ejemplos es la isomaltosa, que es muy similar a la maltosa. Continúan los ejemplos doble glucosa con la celobiosa, que se obtiene de la hidrólisis de la celulosa. Dentro del organismo humano se encuentran unas enzimas ubicadas en el tubo digestivo, llamadas disacaridasa que se encargan de romper el enlace glucídico para absorber los monosacáridos.

Los disacáridos se clasifican según si tienen o no poder reductor, que depende del grupo carbonilo que los componga. Si ambos grupos carbonilos participan en el enlace glucídico no presentan poder reductor porque no queda libre ningún grupo en la molécula. El poder reductor es la capacidad que tienen los disacáridos de utilizar el grupo carbonilo libre para donar electrones y protones al metabolismo de óxido-reducción. Este metabolismo es el que genera la energía.

Todos los disacáridos dados como ejemplos son reductores excepto la trehalosa y la sacarosa. La utilidad de ser reductores es para conseguir electrones que permitan la respiración y ATP entre otros procesos del metabolismo.

## **2.5 Propiedades químicas y biológicas de los disacáridos.**

### Propiedades

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.

### Principales disacáridos

Los principales disacáridos de interés biológico son los siguientes:

La maltosa o azúcar de malta. Está formada por dos unidades de alfa glucosa, con enlace glucosídico de tipo alfa 1-4. La molécula tiene características reductoras. Se encuentra libre de forma natural en la malta, de donde recibe el nombre y forma parte de varios polisacáridos de reserva (almidón y glucógeno), de los que se obtiene por hidrólisis.

La malta se extrae de los granos de cereal, ricos en almidón, germinados. Se usa para fabricar cerveza, whisky y otras bebidas.

La lactosa o azúcar de la leche. Está formada por galactosa y glucosa, unidas con enlace glucosídico beta 1-4. También tiene carácter reductor. Se encuentra libre en la leche de los mamíferos. Gran parte de la población mundial presenta la llamada “intolerancia a la lactosa”, que es una enfermedad caracterizada por la afectación más o menos grave de la mucosa intestinal que es incapaz de digerir la lactosa. Cursa con dolor abdominal y diarrea como principal síntoma. Es más frecuente en adultos y orientales.

La sacarosa o azúcar de caña y remolacha. Está formada por alfa-glucosa y beta-fructosa, con enlace 1-2. No posee carácter reductor. Es el azúcar que se obtiene industrialmente y se comercializa en el mercado como edulcorante habitual. Además, se halla muy bien representada en la naturaleza en frutos, semillas, néctar, etc.

La celobiosa. Está formada por dos unidades de beta-glucosa, con enlace 1-4. Está presente en la molécula de celulosa y no se encuentra libre.

La isomaltosa. Consta de dos unidades de alfa-glucosa con enlace 1-6. Está presente en los polisacáridos “almidón” y “glucógeno” y no se halla libre.

## 2.6 Estructura molecular de los polisacáridos

Polisacáridos.

Son biomoléculas que se encuadran entre los glúcidos y están formadas por la unión de una gran cantidad de monosacáridos y cumplen funciones diversas, sobre todo de reservas energéticas y estructurales. Los polisacáridos son cadenas, ramificadas o no, de más de diez monosacáridos.

Los polisacáridos son polímeros, cuyos monómeros constituyentes son monosacáridos, los cuales se unen repetitivamente mediante enlaces glucosídicos. Estos compuestos llegan a tener un peso molecular muy elevado, que depende del número de residuos o unidades de monosacáridos que participen en su estructura. Este número es casi siempre indeterminado, variable dentro de unos márgenes, a diferencia de lo que ocurre con biopolímeros informativos, como el ADN o los polipéptidos de las proteínas, que tienen en su cadena un número fijo de piezas, además de una secuencia específica.

### Clasificación de los polisacáridos

Según la función biológica, los polisacáridos se clasifican en los siguientes grupos:

**Polisacáridos de reserva:** La principal molécula proveedora de energía para las células de los seres vivos es la glucosa. Cuando ésta no es descompuesta en el catabolismo energético para extraer la energía que contiene, es almacenada en forma de polisacáridos de tipo  $\alpha(1\rightarrow4)$ , representado en las plantas por el almidón y en los animales por el glucógeno.

**Polisacáridos estructurales:** Se trata de glúcidos que participan en la construcción de estructuras orgánicas. Entre los más importantes tenemos a la celulosa que es el principal componente de la pared celular en las plantas y a la quitina, que cumple el mismo papel en los hongos, además de ser la base del exoesqueleto de los artrópodos y otros animales emparentados.

**Otras funciones:** La mayoría de las células de cualquier ser vivo suelen disponer este tipo de moléculas en su superficie celular. Por ello están involucrados en fenómenos de reconocimiento celular (Ejemplo: Complejo mayor de histocompatibilidad, protección frente a condiciones adversas (Ejemplo: Cápsulas polisacarídicas en microorganismos o adhesión a superficies (Ejemplo: la formación de biofilms o biopelículas, al actuar como una especie de pegamento.



Según su composición

Homopolisacáridos: Están formados por la repetición de un monosacárido.

Heteropolisacáridos: Están formados por puro bodyboarding y la repetición ordenada de un disacárido formado por dos monosacáridos distintos (o, lo que es lo mismo, por la alternancia de dos monosacáridos).

Algunos heteropolisacáridos participan junto a polipéptidos (cadenas de aminoácidos) de diversos polímeros mixtos llamados pepidoglucanos, mucopolisacáridos o proteoglucanos. Se trata esencialmente de componentes estructurales de los tejidos, relacionados con paredes celulares y matrices extracelulares.

## **2.7 Propiedades químicas y biológicas de los polisacáridos.**

Propiedades químicas

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:  $C_x(H_2O)_{x-1}$ .

## Funciones

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.

## 2.5 Métodos de purificación del carbohidrato

Carbohidratos reductores:

Azúcares reductores son aquellos carbohidratos que poseen su grupo carbonilo (grupo funcional) intacto, y que a través del mismo pueden reaccionar como reductores con otras moléculas. Todos los monosacáridos son azúcares reductores, ya que al menos tienen un  $-OH$  hemiacetálico libre, por lo que dan positivo a la reacción con reactivo de Fehling, a la reacción con reactivo de Tollens, a la Reacción de Maillard y la Reacción de Benedict. Otras formas de decir que son reductores es decir que presentan equilibrio con la forma abierta, presentan mutarrotación (cambio espontáneo entre las dos formas cicladas  $\alpha$  (alfa) y  $\beta$  (beta)), o decir que forma osazonas.

Cristalización:

Es un proceso por el cual a partir de un gas, un líquido o una disolución, los iones, átomos o moléculas establecen enlaces hasta formar una red cristalina, la unidad básica de un cristal.

La cristalización se emplea con bastante frecuencia en Química para purificar una sustancia sólida

Prueba de Trommer:

La solución se trata con hidróxido de sodio y algunas gotas de solución diluida de sulfato de cobre. El líquido toma coloración azul. Se calienta. Se forma un precipitado de color rojo ladrillo de óxido cuproso ( $Cu_2O$ ). El resultado es óxido de cobre de color rojo. El color del resultado varía porque

el cobre, por acción de la glucosa, ha reducido su valencia, por lo que se obtiene este nuevo compuesto de color rojo. En la reacción de Trommer debe evitarse el exceso de sulfato cúprico, ya que la reacción entre el hidrato de carbono reductor y el hidróxido cúprico transcurre cuantitativamente. El exceso del último durante el calentamiento pierde agua y se transforma en óxido cúprico negro, lo que oscurece la reacción principal

Prueba de bial:

Cuando se calientan pentosas con HCl concentrándose forma furfural que se condensa con orcinol en presencia de iones férricos para dar un color verde azulado. La reacción no es absolutamente específica para las pentosas, ya que el calentamiento prolongado de algunas hexosas produce hidroximetil furfural que también reacciona con orcinol dando complejos coloreados.

Prueba de seliwanoff:

La prueba de Seliwanoff es una prueba química que se usa para distinguir entre aldosas y cetosas. Los azúcares son distinguidos a través de su función como cetona o aldehído. Si el azúcar contiene un grupo cetona, es una cetosa, y si contienen un grupo aldehído, es una aldosa. Esta prueba está basada en el hecho de que, al calentar las cetosas son deshidratadas más rápido que las aldosas. El reactivo consiste en resorcinol y ácido clorhídrico concentrado: La hidrólisis ácida de polisacáridos y oligosacáridos da azúcares simples. Entonces la cetosa deshidratada reacciona con el resorcinol para producir un color rojo. Es posible que las aldosas reaccionen produciendo un leve color rosa.

Prueba de Molish:

Es una reacción que tiñe cualquier carbohidrato presente en una disolución; es llamada así en honor del botánico austríaco Hans Molisch. Mide la presencia de glúcidos en una muestra. Se utiliza como reactivo una disolución de  $\alpha$ -naftol al 5% en etanol de 96°. En un tubo de ensayo a temperatura ambiente, se deposita la solución problema y un poco del reactivo de Molisch. A continuación, se le añade ácido sulfúrico e inmediatamente aparece un anillo violeta que separa al ácido sulfúrico, debajo del anillo, de la solución acuosa en caso positivo. Se basa en la deshidratación de los carbohidratos por la presencia de ácido sulfúrico o ácido clorhídrico para producir un aldehído, que se condensa con 2 moléculas de  $\alpha$ -naftol resultando en la coloración rosa/morada característica.

Hidroxilo hemiacetalico: Es el que interviene en la formación del enlace hemiacetal para ciclar la fórmula lineal y que, una vez ciclado el compuesto, nos encontraremos su O dentro del ciclo, y unido al C1 en el caso de las aldosas y al C2 en el caso de las cetosas.

Osazona: En química, las osazonas son un tipo de hidratos de carbono derivado de diferentes azúcares. Las osazonas se forman cuando azúcares reaccionan con un compuesto conocido como fenilhidrazina en el punto de ebullición. Los cristales osazona varían significativamente; algunos se parecen a los pétalos de las flores, otros son más como bolas de algodón, mientras que otros parecen cabezas de alfileres o incluso agujas largas y finas. Los cristales de la lactosa son más parecidos a cabezas de alfileres. La arabinosa también produce un cristal de osazona como una bola, pero se trata de una formación menos densa de agujas de cristal que la de la lactosa.

## **2.6 Digestión de los carbohidratos**

El almidón es el único polisacárido altamente utilizable por los animales monogástricos y tanto éste como los disacáridos presentes en la ración han de ser degradados hasta monosacáridos para ser absorbidos. La digestión y absorción del almidón tiene lugar en el primer tramo del intestino delgado y la principal enzima que participa es la  $\alpha$ -amilasa segregada por el páncreas junto al jugo pancreático y que actúa en la luz intestinal. La  $\alpha$ -amilasa rompe la cadena lineal de la amilosa dejando libres moléculas de glucosa y maltosa pero no puede romper las ramificaciones de enlaces  $\alpha$ -1-,6 de la amilopectina por lo que como primer paso de la digestión de los carbohidratos se genera en la luz intestinal una mezcla de glucosa, maltosa y oligosacáridos. Mientras la glucosa va siendo absorbida los disacáridos y oligosacáridos restantes son atacados por otras enzimas las  $\alpha$  y  $\beta$  glucosidasas presentes en el borde de las microvellosidades intestinales y responsables de la hidrólisis final de los disacáridos.

Los monosacáridos libres se acoplan con iones sodio y son transportados activamente al interior de la célula absorbente. Este transporte activo es muy importante porque se realiza en contra de un gradiente de concentración, es decir, de una zona extracelular de baja concentración a otra de alta concentración en el interior de la célula, por lo que se requiere aporte de energía en el proceso. El transportador tiene dos puntos de unión uno al sodio y otro al compuesto orgánico, ya en el interior de la célula queda vacío y junto al sodio libre vuelven a atravesar la membrana quedando libre para formar nuevos complejos triples y repetir el proceso.

Los azúcares absorbidos (intracelulares) son transportados por la sangre portal hasta el hígado.

Los carbohidratos estructurales, celulosa y hemicelulosa, componentes de la fracción fibrosa atraviesan el tracto intestinal sin absorberse. En el ciego son sometidos a una acción microbiana muy limitada por las celulasas bacterianas desprendiéndose algunos ácidos grasos volátiles que son absorbidos por la sangre portal. Por lo tanto su papel como nutrientes es mínimo, sin embargo absorben agua y estimulan el peristaltismo con lo que favorecen la digestión mecánica. Paralelamente reducen la velocidad de tránsito del resto de los materiales acompañantes en proceso de digestión.

Metabolismo de los carbohidratos en monogástricos.

El metabolismo de los carbohidratos es muy importante en todos los animales pues son la fuente esencial de energía para el organismo además de ser los productos iniciales para la síntesis de grasas y aminoácidos no esenciales.

El producto principal de la digestión de los carbohidratos en los monogástricos es la glucosa originada principalmente a partir del almidón. Constituye asimismo, el material inicial para los procesos de síntesis. La glucosa se mueve por el organismo a través de la sangre y su nivel (glucemia) se mantiene dentro de unos límites bastante estrechos (70-100 mg/100 ml, en monogástricos). Este nivel es el resultado de dos procesos opuestos: paso de glucosa a sangre procedente del alimento y de la acumulada en el hígado y otros órganos y salida de glucosa del torrente circulatorio con fines de oxidación y síntesis en los tejidos donde sea requerida (hígado, cerebro, músculos, etc.). Este proceso implica el paso de la glucosa circulante a glucógeno (glucogénesis) que se desarrolla fundamentalmente en el hígado, y la reconversión del glucógeno en glucosa (glucogenolisis).

Las fuentes de glucosa en la sangre son tres:

1. El intestino delgado que es la procedente de los alimentos.
2. Glucosa sintetizada en los tejidos corporales particularmente el hígado a partir de sustancias distintas de los carbohidratos, como ácido láctico, propiónico y glicerol, a este proceso se le denomina gluconeogénesis.

3. El glucógeno almacenado en el hígado y en el músculo principalmente (proceso de glucogenolisis).

Y los destinos de la glucosa de la sangre son:

1. Síntesis y reserva de glucógeno. En este proceso actúa la enzima glucógeno-sintetasa cuya producción y actuación se estimula tras una comida rica en carbohidratos.

2. Conversión en grasa. Como la cantidad de glucosa que puede almacenarse en forma de glucógeno es limitada, el exceso se convierte en grasa, esto supone la degradación previa hasta piruvato.

3. Conversión en aminoácidos. Aminoácidos no esenciales que obtienen sus cadenas carbonadas de la glucosa.

4. Fuente de energía. Por oxidación completa hasta dióxido de carbono y agua produciendo ATP como fuente de energía. 1 mol de glucosa proporciona 38 moles de ATP.

## **UNIDAD III**

### **PROTEÍNAS**

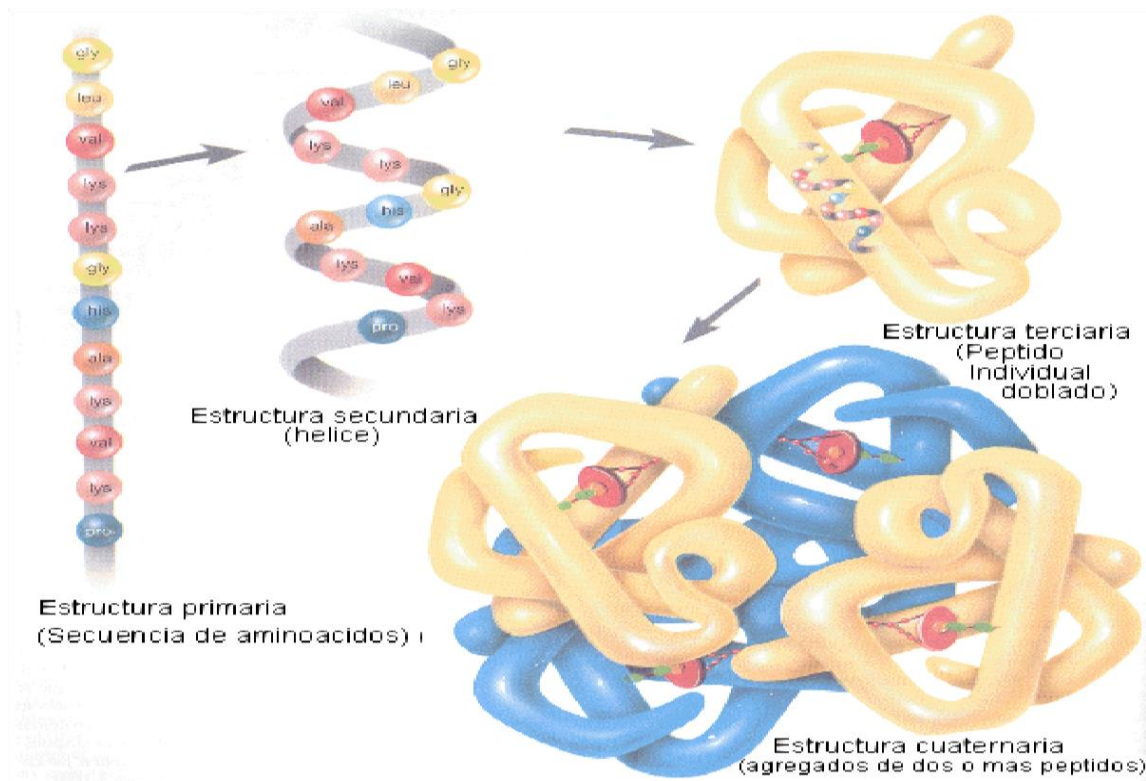
#### **3.1 Definición de proteínas, clasificación y estructura química**

##### **PROTEÍNAS**

Las proteínas son unas de las moléculas más abundantes en los sistemas vivos, constituyen el 50% o más del peso seco. Hay muchas moléculas de proteína diferentes: enzimas, hormonas, proteínas de almacenamiento como la que se encuentra en los huevos de las aves y los reptiles, proteínas de transporte como la hemoglobina, proteínas contráctiles como las que se encuentran en el músculo, inmunoglobulinas y proteínas de membrana entre otras.

Todas las proteínas tienen el mismo esquema simple: todas son polímeros de aminoácidos, dispuestos en una secuencia lineal. Los aminoácidos constituyen la base estructural de los péptidos y proteínas. Desde el punto de vista químico estos productos se caracterizan por poseer un grupo carboxilo  $-\text{COOH}$  unido a un grupo amino  $-\text{NH}_2$  unidos a un mismo carbono, denominado carbono alfa. En teoría es posible la existencia de una gran variedad de aminoácidos distintos, pero sólo veinte tipos diferentes se utilizan para construir las proteínas. Estos aminoácidos que forman parte de las proteínas varían de acuerdo con las propiedades de sus grupos laterales (R). El grupo amino ( $-\text{NH}_2$ ) posee características básicas débiles y el grupo carboxilo ( $-\text{COOH}$ ) posee características ácidas débiles. Por tanto un aminoácido es en realidad una sustancia anfótera, que adoptará formas iónicas diferentes en función del pH del medio.

### Niveles de organización



### Niveles de organización de las proteínas

La secuencia lineal de aminoácidos, dictada por la información hereditaria contenida en la célula para esa proteína, se conoce como estructura primaria de la proteína.

A medida que la cadena se ensambla, comienzan a ocurrir interacciones entre los distintos aminoácidos de la proteína, se establecen interacciones por puentes de hidrógeno entre el hidrógeno ligeramente positivo del grupo amino de un aminoácido y el oxígeno ligeramente negativo del carbonilo de otro aminoácido, se forman dos tipos de estructuras: hélice  $\alpha$  y lámina  $\beta$ . Ambas estructuras forman la estructura secundaria de la proteína.

a) hélice  $\alpha$ . Ésta hélice mantiene su estructura gracias a las interacciones entre el oxígeno de un grupo amino y el hidrógeno del grupo amino de otro aminoácido situado a cuatro aminoácidos de distancia en la cadena.

b) lámina  $\beta$ . Los pliegues se forman por la existencia de puentes de hidrógeno entre distintos átomos del esqueleto del polipéptido, los grupos R se extienden por encima y por debajo de los pliegues de la hoja. Las proteínas que en su mayor parte asumen una forma de hélice alfa o lámina beta, se conocen como proteínas fibrosas y desempeña importantes papeles en el organismo.

El plegamiento correcto de una proteína es fundamental para su buen funcionamiento. Los cambios en la manera de plegarse de algunas de ellas pueden conducir al desarrollo de enfermedades, como ocurre en las encefalopatías espongiformes transmisibles. Entre ellas la más importante es la denominada enfermedad de las vacas locas. Los causantes de ésta enfermedad se denominan priones, y son proteínas presentes en las membranas de las células del sistema nervioso. La proteína normal tiene más hélices alfa que estructuras beta, mientras que en la proteína patológica la estructura de hoja plegada es la que predomina.

A medida que la molécula se tuerce y entra en solución, los grupos R hidrofóbicos tienden a agruparse en el interior de la molécula y los grupos R hidrofílicos tienden a extenderse hacia fuera en la solución acuosa. Se forman puentes de hidrógeno que enlazan segmentos del esqueleto de aminoácidos. La estructura tridimensional que resulta se denomina es la denominada estructura



terciaria de la proteína. En muchas proteínas la estructura terciaria hace que toda la molécula adquiera una estructura globular que se pliega de manera complicada, formando las proteínas globulares. Las enzimas, los anticuerpos son ejemplos de proteínas globulares.

Muchas proteínas están compuestas por más de una cadena polipeptídica. Éstas cadenas pueden permanecer asociadas por puentes de hidrógeno, puentes disulfuro, fuerzas hidrofóbicas, atracciones entre cargas positivas y negativas. Estas proteínas se llaman multiméricas. La proteína de insulina es un dímero, compuesta por dos cadenas polipeptídicas. Éste nivel de organización de las proteínas, que implica la interacción de dos o más polipéptidos, se llama estructura cuaternaria. El plegamiento de las cadenas polipeptídicas está organizado y dirigido por otro grupo de proteínas llamadas chaperones moleculares.

## Propiedades y funciones

### a) Especificidad

A diferencia de otras biomoléculas como glúcidos o lípidos, las proteínas son específicas de cada especie e incluso de cada individuo, ya que dependen de la información genética. Por ejemplo la hemoglobina que es la encargada del transporte de oxígeno en los eritrocitos de numerosas especies animales, pero en cada una de ellas tiene una secuencia de aminoácidos y una estructura tridimensional característica, por tanto es funcional solo en los organismos que ha sido sintetizada. Dada la variedad de aminoácidos, las proteínas pueden tener un alto grado de especificidad. Un ejemplo es la hemoglobina, la molécula transportadora de oxígeno de la sangre, compuesta de cuatro cadenas polipeptídicas. La hemoglobina está formada por dos cadenas alfa idénticas y dos cadenas beta idénticas, cada una de ellas formada por 150 aminoácidos, en total 600 aminoácidos, cada una unida a un grupo que contiene hierro (hemo). La sustitución de un determinado aminoácido por otro en uno de los pares de cadenas altera la superficie de la molécula, produciendo una enfermedad grave, en ocasiones fatal, conocida como anemia falciforme. La anemia falciforme es una enfermedad en la cual las moléculas de hemoglobina son defectuosas. Éstas moléculas cambian su configuración y se combinan entre sí, formando estructuras rígidas bastoniformes. Los glóbulos rojos cuando tienen gran proporción de éstas estructuras defectuosas de hemoglobina, se vuelven rígidas y se deforman, adoptando una forma característica de la hoz.

## Solubilidad

Las proteínas son solubles en agua si disponen de suficientes aminoácidos polares. En solución las proteínas pueden actuar como ácidos o como bases en función del pH del medio, por eso se denominan anfóteras, Ésta es la base para la separación de proteínas por electroforesis, técnica analítica de separación, que aprovecha las propiedades eléctricas de los péptidos y aminoácidos ionizados.

## Desnaturalización

El calor, valores extremos de pH o la presencia de ciertos disolventes orgánicos, como el alcohol o cetona, producen la rotura de los enlaces no covalentes o alteran la carga de la proteína. Como consecuencia la proteína se desnaturaliza, es decir se despliegan parcial o totalmente y no pueden llevar a cabo su función. En algunos casos la desnaturalización es reversible.

Por tamaño y composición				
	Péptidos			
	Proteínas	Simples holoproteínas	Solo aminoácidos	
		Compuestas Conjugadas Heteroproteínas	Glucoproteínas	Carbohidratos
			Lipoproteínas	Lípidos
			Fosfoproteínas	Fosfato
			Nucleoproteínas	Nucleótidos
			Hemoproteínas	Grupo hemo
			Flavoproteínas	Flavina
Metaloproteínas	Metales			
Por su forma				
	Fibrosas	Alargadas, aminoácidos paralelos a un eje	Insolubles y resistentes	Elastina, colágeno, queratina
	Globulares	Aproximadamente esféricas	Generalmente solubles	Enzimas, transportadores
	Otras estructuras más complejas			Anticuerpos, miosina, transmembranales
Por el tipo de cadenas polipeptídicas				
	Cadena única	Una sola cadena polipeptídica		
	Oligoméricas	Formadas por varias cadenas iguales (protómeros)		
	Agregados o complejos	Formadas por varias cadenas diferentes		

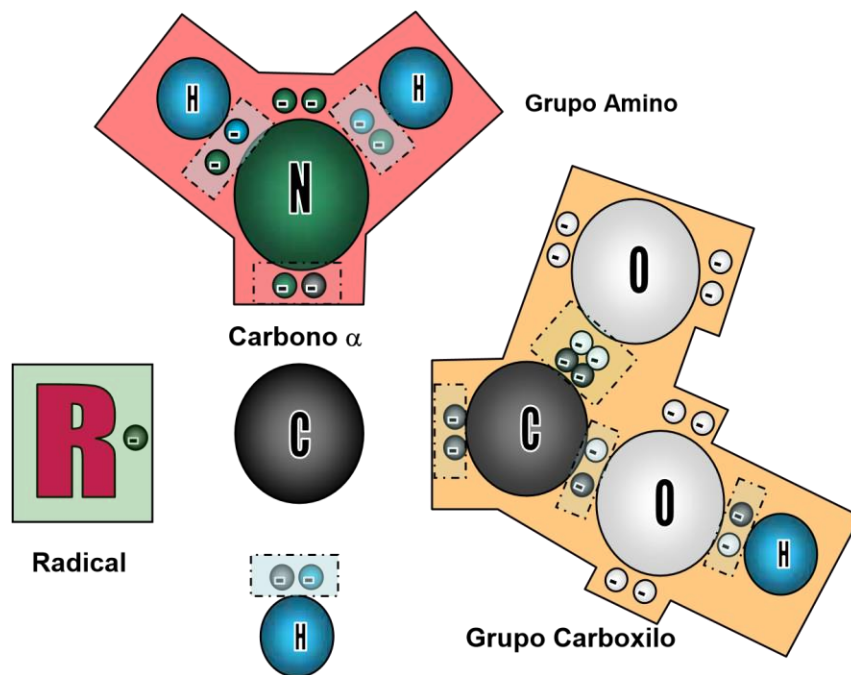
## 3.2 Estructura y clasificación de los aminoácidos.

### AMINOÁCIDOS:

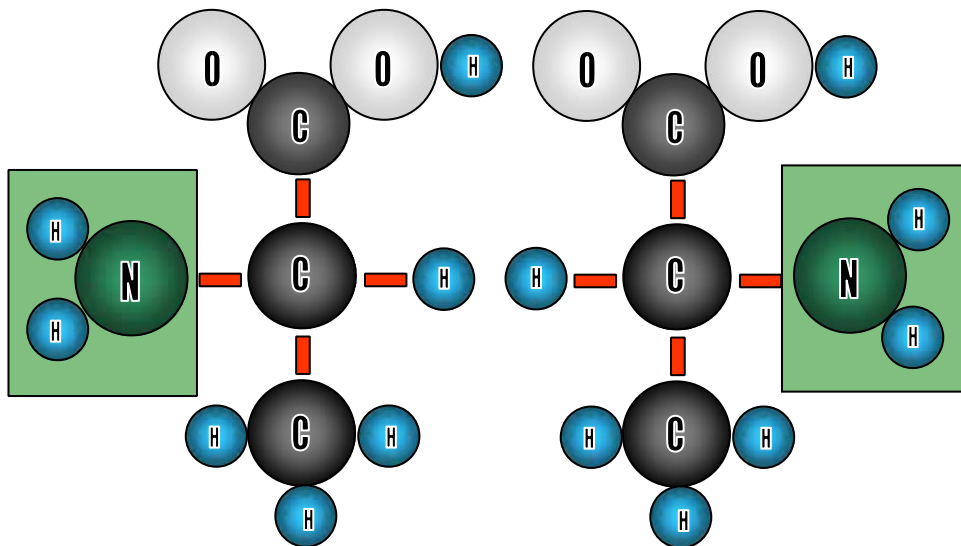
Como su nombre lo implica, los aminoácidos son moléculas orgánicas que contienen un grupo amino ( $\text{NH}_2$ ) en uno de los extremos de la molécula y un grupo ácido carboxílico ( $\text{COOH}$ ) en el otro extremo. Los aminoácidos son las unidades que forman a las proteínas, sin embargo tanto estos como sus derivados participan en funciones celulares tan diversas como la transmisión nerviosa y la biosíntesis de porfirinas, purinas, pirimidinas y urea.

Los polímeros cortos de aminoácidos (péptidos) tienen funciones importantes en el sistema neuroendócrino como hormonas, factores que liberan hormonas, neuromoduladores o neurotransmisores.

La estructura general que representa a todos los aminoácidos se puede representar de la siguiente manera: Grupo Amino Carbono  $\alpha$  Radical Grupo Carboxilo. En general los aminoácidos están constituidos por un carbono alfa al cual se unen un grupo funcional amino, uno carboxilo, un hidrógeno y un grupo R o lateral. Las diferencias entre los aminoácidos se deben a la estructura de sus grupos laterales o R (residuo o resto de la molécula).



Todos los aminoácidos que se encuentran en la naturaleza tienen la configuración estereoquímica L, mientras que los aminoácidos sintéticos por lo general se encuentran como la mezcla racémica de los isómeros L y D. L-Alanina D-Alanina. Los aminoácidos tienen una gran capacidad de disociación. A un pH fisiológico (pH 7.4) los grupos carboxilo existen casi por completo como  $\text{R-COO}^-$  y los grupos amino predominantemente como  $\text{R-NH}_3^+$ , esto le da la característica de poseer, en la misma molécula, tanto cargas positivas como cargas negativas (molécula bipolar). Como la molécula no contiene una carga neta, ya que posee una cantidad igual de grupos ionizables de carga opuesta, es considerada una sustancia anfótera o zwitterion.



Aunque existen más de 300 aminoácidos en la naturaleza, solo aproximadamente 20 de ellos son componentes de las proteínas. Como se mencionó anteriormente los aminoácidos difieren entre sí en la estructura de sus cadenas laterales o R y de acuerdo a las características de estas se han llevado a cabo varias clasificaciones de los aminoácidos. La clasificación más significativa se basa en la polaridad de la cadena lateral. Así, se tienen aminoácidos no polares y polares, dentro primer grupo se pueden subdividir en aminoácidos alifáticos y aromáticos y dentro de los segundos en sin carga, ácidos y básicos

<b>POLARES</b>	<b>NO POLARES</b>
<b>NO CARGADOS</b>	<b>ALIFATICOS</b>
ASPARGINA	ALANINA
CISTEINA	ISOLEUCINA
GLUTAMINA	GLICINA
SERINA	LEUCINA
TREONINA	METIONINA

<b>BASICOS (POSITIVOS)</b>	<b>PROLINA</b>
<b>ARGININA</b> <b>HISTIDINA</b>	<b>VALINA</b>
<b>LISINA</b>	<b>AROMATICOS</b>
<b>ÁCIDOS (NEGATIVOS)</b>	<b>FENILALANINA</b>
<b>ASPARTATO</b> <b>GLUTAMATO</b>	<b>TIROSINA</b>
	<b>TRIPTOFANO</b>

Algunos de los aminoácidos proteicos no pueden ser sintetizados en los tejidos animales en cantidades suficientes para llenar las necesidades metabólicas de estos, por lo cual se les da el nombre de aminoácido esencial o indispensable.

<b>AMINOÁCIDOS PROTEICOS ESENCIALES</b>	<b>AMINOÁCIDOS PROTEICOS NO ESENCIALES</b>
<b>ARGININA</b>	<b>ALANINA</b>
<b>FENILALANINA</b>	<b>ASPARGINA</b>
<b>HISTIDINA</b>	<b>ASPARTATO</b>
<b>ISOLEUCINA</b>	<b>CISTEINA</b>
<b>LEUCINA</b>	<b>GLICINA</b>

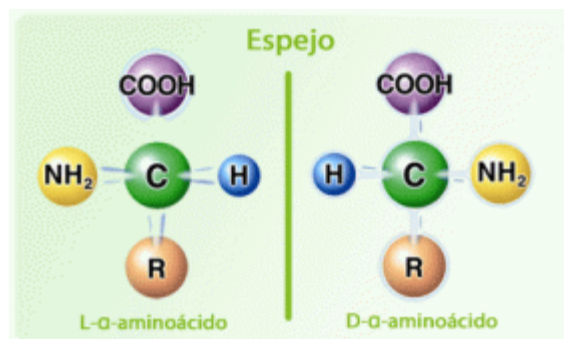
LISINA	GLUTAMINA
METIONINA	GLUTAMATO
TREONINA	PROLINA
TRIPTOFANO	SERINA
VALINA	TIROSINA

La síntesis de proteína a partir de aminoácidos se lleva a cabo al unirse los aminoácidos individuales hasta formar cadenas largas. La unión de un aminoácido con otro se denomina un enlace peptídico. Para llevarse a cabo este tipo de enlace el extremo amino de uno de los aminoácidos (el cual pierde un hidrógeno) se combina con el extremo carboxílico del otro aminoácido (quien pierde un grupo hidroxilo) creándose un enlace covalente entre ellos y formándose al mismo tiempo una molécula de agua. El compuesto formado recibe el nombre de péptido.

Dos aminoácidos unidos forman un dipéptido, tres reciben el nombre tripéptido y una cadena más larga de aminoácidos recibe el nombre de polipéptido. Cuando la cadena polipeptídica tiene más de 100 aminoácidos se denomina proteína.

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

El carbono  $\alpha$  es un carbono asimétrico, con dos posibilidades: isómeros L y D, según sea la posición del grupo amino (a la izquierda o a la derecha).



Estas dos configuraciones espaciales se denominan estereoisómeros, ya que son imágenes especulares no superponibles (recuerda lo que vimos para los monosacáridos). Todos los

aminoácidos proteicos son isómeros L. En el laboratorio son posibles las síntesis de aminoácidos en las que se obtienen mezclas racémicas, con cantidades iguales de ambos isómeros.

Debido a la presencia del carbono asimétrico, los aminoácidos también presentan actividad óptica, es decir, son capaces de desviar el plano de polarización de la luz hacia la derecha o hacia la izquierda. En el primer caso se los denomina dextrógiros (+) y en el segundo caso levógiros (-). La actividad óptica es independiente de su configuración D o L.

### PUNTO ISOELÉCTRICO

El grupo amino tiene carácter básico y el grupo carboxilo es ácido, por lo que los aminoácidos son compuestos anfóteros, pudiendo ceder o captar protones del medio.

Del valor del pH depende la ionización de los grupos amino y carboxilo. A pH ácido el grupo amino se carga positivamente y a pH básico el grupo carboxílico se encuentra cargado negativamente. El valor del pH en el que el aminoácido se encuentra cargado tanto positiva como negativamente se denomina punto isoeléctrico (y su valor de pH es el pI), y las moléculas así cargadas se llaman zwitteriones.



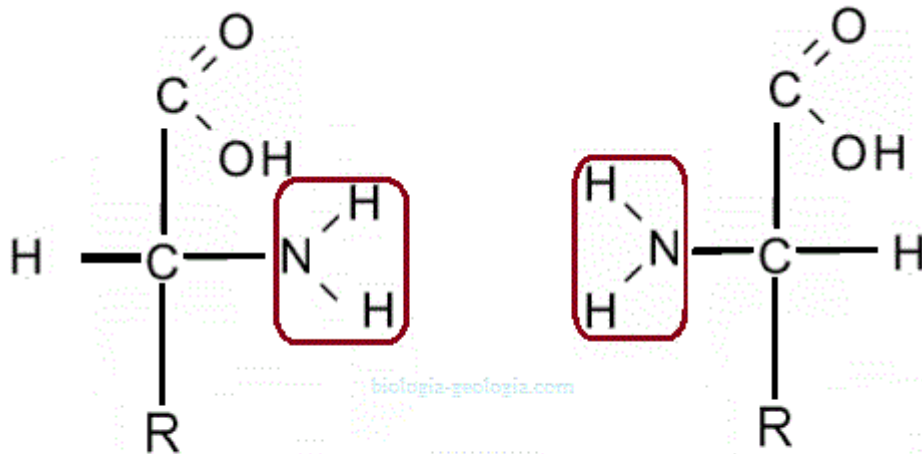
Todos los aminoácidos, excepto la glicina, tienen un carbono asimétrico, el carbono  $\alpha$ , enlazado a cuatro radicales diferentes: un grupo amino, un grupo carboxilo, un radical R y un hidrógeno.

Como consecuencia, los aminoácidos presentan isomería.

Cada aminoácido puede tener dos estereoisómeros:

Con configuración D si al disponerlo en el espacio, de forma que el grupocarboxilo quede arriba, el grupo -NH<sub>2</sub> queda situado a la derecha.

Con configuración L, si el grupo -NH<sub>2</sub> se encuentra a la izquierda.



**D aminoácido**

**L aminoácido**

Ambos estereoisómeros son imágenes especulares y no superponibles entre sí, por lo que son enantiómeros.

Todos los aminoácidos proteicos tienen configuración L.

Isomería óptica

Los aminoácidos presentan actividad óptica por la existencia del carbono asimétrico, siendo capaces de desviar el plano de luz polarizada que atraviesa una disolución de aminoácidos.

Según hacia dónde desvía el plano de luz polarizada pueden ser:

Dextrógiro o (+), si el aminoácido desvía el plano de luz polarizada hacia la derecha.

Levógiro o (-), si lo desvía hacia la izquierda.

La configuración L o D es independiente de la actividad óptica, por lo que un L-aminoácido puede ser levógiro o dextrógiro, igual que otro con configuración D.

### 3.4 Propiedades químicas de los aminoácidos

#### PROPIEDADES DE LOS AMINOÁCIDOS

- 1) Sus pesos moleculares están entre los 57 y los 186 Daltones (un peso molecular promedio es 110 daltones)
- 2) Los a.a. como cristales tienen altos puntos de fusión ( $\approx 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- 3) Bastante solubles en agua



4) Insolubles en solventes no polares

5) Pueden tener carga eléctrica (dependiendo del pH) 6) Algunos (Triptofano, fenilalanina y tirosina) pueden absorber fuertemente la luz ultravioleta (280 nm) 7).

Pueden protonarse o desprotonarse, por lo que pueden actuar como donadores o aceptores de H<sup>+</sup>, o sea pueden actuar como ácidos o como bases y se comportan como iones dipolares o zwitteriones en solución acuosa

## PROPIEDADES ÁCIDO – BÁSICAS DE LOS AMINOÁCIDOS

Las propiedades ácido – básicas de los a.a. son importantes, porque:

Determinan muchas propiedades de las proteínas.

Ayudan a separarlos, identificarlos y cuantificar

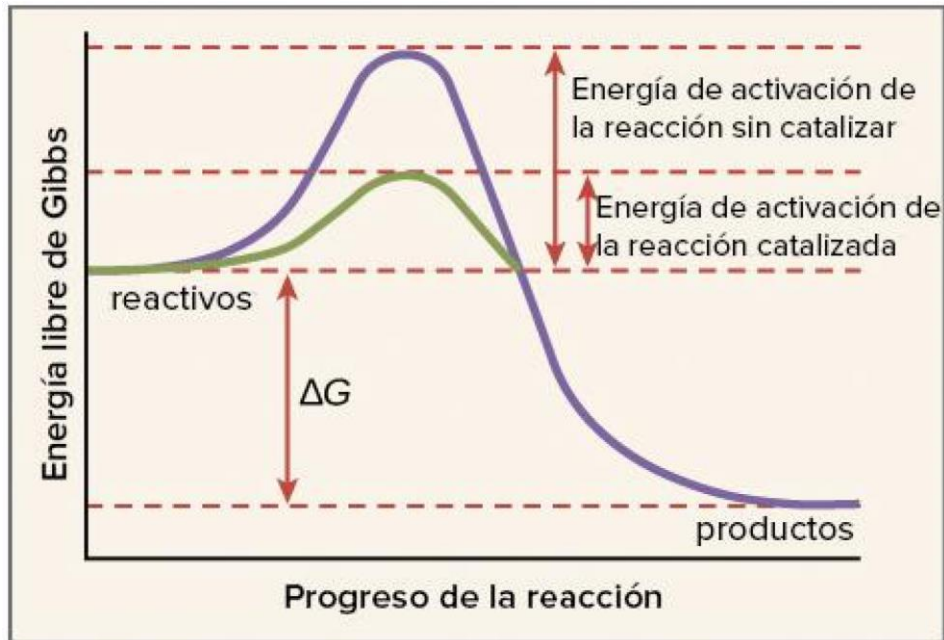
## UNIDAD IV

### ENZIMAS Y CINÉTICA ENZIMÁTICA

#### 4.1. Concepto de enzima.

Una sustancia que acelera una reacción química, y que no es un reactivo, se llama catalizador. Los catalizadores de las reacciones bioquímicas que suceden en los organismos vivos se conocen como enzimas. Estas generalmente son proteínas, aunque algunas moléculas de ácido ribonucleico (ARN) también actúan como enzimas.

Las enzimas realizan la tarea fundamental de disminuir la energía de activación, es decir la cantidad de energía que se debe agregar a una reacción para que esta comience. Las enzimas funcionan al unirse a las moléculas de reactivo y sostenerlas de tal manera que los procesos que forman y rompen enlaces químicos sucedan más fácilmente.



Gráfica de coordenadas de reacción que muestra el curso de la reacción con y sin catalizador. Con el catalizador, la energía de activación es más baja que sin él. Sin embargo, el catalizador no cambia la  $\Delta G$  de la reacción.

Aclaremos un punto importante, las enzimas no cambian el valor de  $\Delta G$  de una reacción. Es decir, no cambian si una reacción libera o absorbe energía en general. Esto es porque las enzimas no afectan la energía libre de los reactivos o los productos.

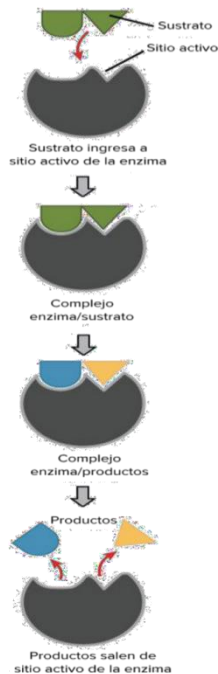
En cambio, las enzimas disminuyen la energía del estado de transición, un estado inestable por el que deben pasar los reactivos para convertirse en productos. El estado de transición está en la parte superior de la "colina" de energía en el diagrama anterior.

Sitios activos y especificidad del sustrato

Para catalizar una reacción, una enzima se pega (une) a una o más moléculas de reactivo. Estas moléculas son los sustratos de la enzima.

En algunas reacciones, un sustrato se rompe en varios productos. En otras, dos sustratos se unen para crear una molécula más grande o para intercambiar partes. De hecho, para cualquier reacción biológica que se te pueda ocurrir, probablemente exista una enzima para acelerarla.

La parte de la enzima donde se une el sustrato se llama el sitio activo (ya que ahí es donde sucede la "acción" catalítica).



Un sustrato entra en el sitio activo de la enzima. Este forma un complejo enzima-sustrato. Entonces sucede la reacción, el sustrato se convierte en productos y se forma el complejo enzima-productos. Luego los productos dejan el sitio activo de la enzima.

## 4.2 Propiedades de las enzimas.

Las proteínas se forman de unidades llamadas [aminoácidos](#), y en las enzimas que son proteínas, el sitio activo obtiene sus propiedades de los aminoácidos que lo conforman. Estos aminoácidos pueden tener cadenas laterales grandes o pequeñas, ácidas o básicas, hidrofílicas o hidrofóbicas.

El grupo de aminoácidos que se encuentra en el sitio activo, así como la posición que estos tienen en el espacio tridimensional, le dan al sitio activo un tamaño, forma y comportamiento químico muy específicos. Gracias a estos aminoácidos, el sitio activo de una enzima es apto de modo exclusivo para unirse con una molécula objetivo en particular -el sustrato o sustratos de la enzima- y le ayudan a experimentar una reacción química.

#### Efectos ambientales en la función enzimática

Dado que los sitios activos están finamente ajustados para ayudar a que suceda una reacción química, pueden ser muy sensibles a los cambios en el ambiente de la enzima. Los factores que pueden afectar el sitio activo y la función de la enzima incluyen:

La temperatura. Una mayor temperatura generalmente provoca una mayor velocidad de reacción, independientemente de que la reacción esté catalizada por una enzima o no. Sin embargo, aumentar o disminuir la temperatura fuera del rango tolerable de la enzima puede afectar los enlaces químicos en el sitio activo, y causar que sean menos adecuados para la unión con los sustratos. Las temperaturas muy altas pueden causar la desnaturalización de la enzima, al perder esta su forma y actividad.

El pH. El pH también puede afectar la función enzimática. Los residuos de los aminoácidos del sitio activo a menudo tienen propiedades ácidas o básicas que son importantes para la catálisis. Los cambios en pH pueden afectar estos residuos y dificultar la unión con el sustrato. Las enzimas funcionan mejor dentro de cierto rango de pH, y tal como sucede con la temperatura, los valores extremos de pH (ácido o básico) pueden hacer que las enzimas se desnaturalicen.

#### Ajuste inducido

La coincidencia entre el sitio activo de una enzima y el sustrato no es solo como la correspondencia de dos piezas de un rompecabezas (aunque los científicos alguna vez pensaron que así era, en un modelo llamado modelo de "llave y cerradura").

Por el contrario, una enzima cambia su forma ligeramente cuando se une a su sustrato, lo que da como resultado un ajuste aún más preciso. Este ajuste de una enzima para encajar muy finamente con el sustrato se conoce como ajuste inducido.

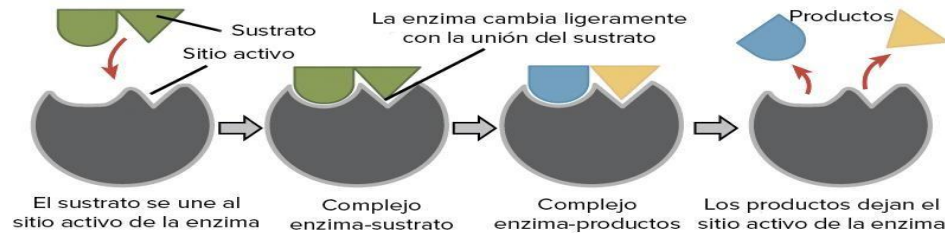


Ilustración del modelo de catálisis enzimática por ajuste inducido. Conforme el sustrato se une al sitio activo, este cambia su forma ligeramente, se pega más estrechamente al sustrato y se prepara para catalizar la reacción. Una vez que ha ocurrido la reacción, los productos son liberados del sitio activo y se alejan por difusión.

Cuando una enzima se une a su sustrato, sabemos que disminuye la energía de activación de la reacción, lo que permite que suceda más rápidamente. Pero te podrías preguntar: ¿qué hace realmente la enzima con el sustrato para que disminuya la energía de activación?

La respuesta depende de la enzima. Algunas enzimas aceleran las reacciones químicas al acercar dos sustratos entre sí con la orientación correcta. Otras crean un ambiente dentro del sitio activo que es favorable para la reacción (por ejemplo, uno que es ligeramente ácido o no polar). El complejo enzima-sustrato también puede reducir la energía de activación al plegar las moléculas de sustrato de tal manera que se facilita el rompimiento de enlaces, lo que ayuda a llegar al estado de transición.

Finalmente, algunas enzimas disminuyen la energía de activación al tomar parte en las reacciones químicas. Esto quiere decir que los residuos del sitio activo pueden formar enlaces covalentes temporales con las moléculas del sustrato como parte del proceso de reacción.

Aquí la palabra importante es "temporalmente". En todos los casos, la enzima volverá a su estado original al final de la reacción; no se quedará unida a las moléculas que están reaccionando. De hecho, una propiedad característica de las enzimas es que no son alteradas por las reacciones que catalizan. Cuando una enzima ha terminado de catalizar una reacción, solo libera el producto (o productos) y queda lista para el siguiente ciclo de catálisis

## **4.2 Propiedades de las enzimas.**

Las enzimas son proteínas catalizadoras que aumentan la velocidad de una reacción química y no se consumen durante la reacción que catalizan.

Nota: algunos tipos de ácido ribonucleico (ARN) pueden actuar como enzimas, normalmente catalizando la escisión y síntesis de enlaces fosfodiéster.

- AUMENTAN LA VELOCIDAD DE REACCIÓN -De  $10^6$  a  $10^{12}$  veces vs sin enzima. -Aún más rápido que los catalizadores químicos.

- CONDICIONES DE REACCIÓN -Temperatura 25-40 °C (algunas hasta 75 °C) -pH neutro, la mayoría 6.5 – 7.5 -Presión atmosférica normal.

### CAPACIDAD DE REGULACIÓN

- Por concentración de sustrato.

- Por concentración de enzima.

- Por inhibidores competitivos (semejantes al sustrato).

- Por inhibidores no competitivos (modificación covalente de la enzima). -Por regulación alostérica.

### ALTA ESPECIFICIDAD DE REACCIÓN

- Interacción estereoespecífica con el sustrato.

-No hay productos colaterales.

Las enzimas tienen una enorme variedad de funciones dentro de la célula: degradan azúcares, sintetizan grasas y aminoácidos, copian fielmente la información genética, participan en el reconocimiento y transmisión de señales del exterior y se encargan de degradar subproductos tóxicos para la célula, entre muchas otras funciones vitales. La identidad y el estado fisiológico de un ser vivo está determinado por la colección de enzimas que estén funcionando con precisión de cirujano y con la velocidad de un rayo en un momento dado dentro de las células. Así, a lo largo de millones de años de evolución, la naturaleza ha desarrollado una gran diversidad de enzimas para mantener el complejo fenómeno de la vida.

### **4.3. Clasificación de las enzimas (deshidratadas, hidrológicas, salicinas, entre otras)**

#### **Oxidoreductasas.**

- Catalizan reacciones de oxidación y reducción.
- Los electrones que resultan eliminados de la sustancia que se oxida son aceptados por el agente que causa la oxidación (agente oxidante), que sufre así un proceso de reducción.
- El principal agente oxidante es el O<sub>2</sub> que está implicado en numerosas reacciones de oxidación irreversibles.
- En los sistemas biológicos, el FAD y NAD<sup>+</sup> participan en numerosas reacciones de óxido-reducción.

#### **Transferasas.**

- Transfieren un grupo químico de una molécula a otra.
- Las quinasas, muy importantes en muchos procesos biológicos, son un tipo esencial de transferasas que catalizan la transferencia de un grupo fosfato a otra molécula desde un nucleósido trifosfato.

#### **Hidrolasas.**

- Son un tipo especial de transferasas que transfieren un grupo -OH desde el agua a otro sustrato. •Se segregan del anterior grupo de enzimas por su carácter irreversible.
- El sustrato típico suele ser un enlace éster (incluyendo el fosfodiéster de los ácidos nucleicos) o amida.

#### **Liasas.**

- Generalmente catalizan la escisión reversible de enlaces carbono-carbono como en el caso de las aldolasas.

- En algunos casos, como consecuencia de la ruptura del enlace, se generan nuevos dobles enlaces o anillos.

Otras enzimas de esta clase forman y rompen enlaces C – N o liberan CO<sub>2</sub> (descarboxilación). •En el caso de formación de enlaces, estas enzimas no requieren energía de nucleósidos trifosfato y se denominan sintasas.

### **Isomerasas.**

- Catalizan reacciones que suponen un movimiento de un grupo o un doble enlace dentro de la molécula, lo que hace que se obtenga un nuevo isómero (conversión de formas D a L, epimerasas).

- Si cambia la posición de un grupo fosfato la enzima se llama mutasa.

### **Ligasas.**

- Catalizan la formación de enlaces carbono-carbono, pero, a diferencia de las liasas requieren energía que obtienen de la hidrólisis de ATP y se denominan sintetetasas.

## **4.4. Biomoléculas de alta energía (ATP, fosfoenolpiruvato, etc).**

Trifosfato de adenosina (ATP), molécula que se encuentra en todos los seres vivos y constituye la fuente principal de energía utilizable por las células para realizar sus actividades.

El ATP se origina por el metabolismo de los alimentos en unos orgánulos especiales de la célula llamados mitocondrias.

El ATP se comporta como una coenzima, ya que su función de intercambio de energía y la función catalítica (trabajo de estimulación) de las enzimas están íntimamente relacionadas. La parte adenosina de la molécula está constituida por adenina, un compuesto que contiene nitrógeno (también uno de los componentes principales de los genes) y ribosa, un azúcar de cinco carbonos.

Cada unidad de los tres fosfatos (trifosfato) que tiene la molécula, está formada por un átomo de fósforo y cuatro de oxígeno y el conjunto está unido a la ribosa a través de uno de estos últimos. Los dos puentes entre los grupos fosfato son uniones de alta energía, es decir, son relativamente débiles y cuando las enzimas los rompen ceden su energía con facilidad. Con la liberación del grupo



fosfato del final se obtienen siete kilocalorías (o calorías en el lenguaje común) de energía disponible para el trabajo y la molécula de ATP se convierte en ADP (difosfato de adenosina). La mayoría de las reacciones celulares que consumen energía están potenciadas por la conversión de ATP a ADP incluso la transmisión de las señales nerviosas, el movimiento de los músculos, la síntesis de proteínas y la división de la célula.

Por lo general, el ADP recupera con rapidez la tercera unidad de fosfato a través de la reacción del citocromo, una proteína que se sintetiza utilizando la energía aportada por los alimentos. En las células del músculo y del cerebro de los vertebrados, el exceso de ATP puede unirse a la creatina, proporcionando un depósito de energía de reserva.

La liberación de dos grupos fosfatos del ATP por la enzima adenilato ciclasa forma AMP (monofosfato de adenosina), un nucleótido que forma parte de los ácidos nucleicos o el material del ADN. Esta enzima es importante en muchas de las reacciones del organismo. Una forma de AMP llamada AMP cíclico originado por la acción de ésta contribuye en la actividad de muchas hormonas, como la adrenalina y la ACTH.

Las plantas producen ATP utilizando directamente la energía de la luz del sol (fotosíntesis).

#### **4.5 Ecuación de Michaelis-Menten (S), Km. Vmax).**

- La ecuación de Michaelis-Menten explica el comportamiento de las reacciones en la que la concentración del complejo enzima-sustrato permanece constante y la concentración de sustrato es muy superior a la de enzima.

Cuando:

$V_0 = V_{max}$  Todos los sitios activos están ocupados y no hay moléculas de E libre.

$KM = [S]$  Sí...  $\frac{1}{2} V_{max}$  KM representa la cantidad de sustrato necesaria para fijarse a la mitad de la E disponible y producir la mitad de la  $V_{max}$  KM representa la concentración del sustrato en una célula.

La KM es un parámetro de Actividad Enzimática

- La KM es inversamente proporcional con la actividad de la enzima.

- Valor de KM grande, baja actividad
- Valor de KM pequeño, alta actividad

#### 4.6. Gráficos de Lineweaver-Burk y Eddie Hofstee.

Leonor Michaelis y Maud Menten, ambos grandes científicos, fueron los padres de la cinética enzimática que tantos quebraderos de cabeza ha dado a los bioquímicos pero también enormes satisfacciones.

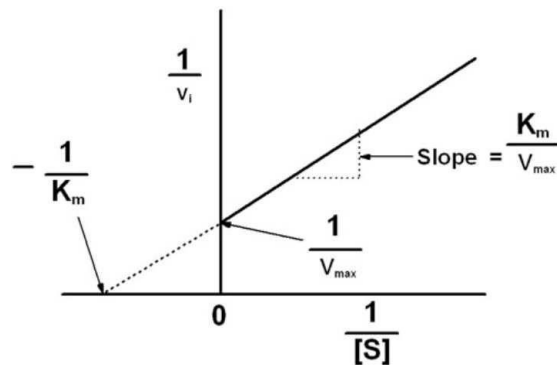
¿Quieren saber una de ellas? Ahí va: la famosa ecuación de Michaelis-Menten que es empleada a diario por miles de bioquímicos para el cálculo de constantes cinéticas de todo tipo de lugar, de forma indirecta, a una joya literaria: uno de los artículos más referenciados de la historia de la ciencia. Veamos

. A la hora de llevar a la práctica la cinética de Michaelis-Menten la mayoría de los bioquímicos recurrimos al famoso diagrama de Lineweaver-Burk que se emplea como herramienta gráfica para calcular los parámetros cinéticos de una enzima.

Su utilidad se basa en que el recíproco de la cinética de Michaelis-Menten ya que es fácilmente representable y de dicho diagrama emana mucha información de interés en el campo de la bioquímica. Figura 6. Expresión de Lineweaver-Burk.

La representación gráfica de Lineweaver-Burk permite identificar la  $K_m$  (constante de Michaelis-Menten) y  $V_{max}$  (velocidad máxima); el punto de corte con el eje de ordenadas es el equivalente a la inversa de  $V_{max}$ , y el de abscisas es el valor de  $-1/K_m$ ... así de fácil. Es cierto que la representación de Lineweaver-Burk presenta algunos inconvenientes ya que, al requerir de dobles inversos, pequeños errores experimentales pueden conducir a grandes errores. Además, el hecho de que a altas concentraciones los puntos se aglutinen al principio de la gráfica puede dar lugar a cálculos erróneos. Sin embargo, si los experimentos se plantean correctamente desde el punto de vista metodológico, los resultados son totalmente fiables

Representación gráfica de Lineweaver-Burk.



¿Y este planteamiento tan sencillo tuvo tanta repercusión en la comunidad bioquímica?

Sí. Lo lógico sería pensar que lo que acabamos de contarles es tremendamente simple y realmente lo es, pero a pesar de que la representación del doble recíproco de una hipérbola cuadrangular era

conocida por los matemáticos antes de que se publicara el trabajo de Lineweaver-Burk, su aplicación en el campo de la bioquímica era inédito. Sin embargo, desde la publicación del mismo, la doble inversa de Lineweaver-Burk se ha empleado continuamente en miles de trabajos bioquímicos lo que ha provocado que durante mucho tiempo

#### **4.7 Inhibición enzimática: inhibición reversible: competitiva, no competitiva y a competitiva, inhibición irreversible.**

La inhibición enzimática consiste en la disminución o anulación de la velocidad de la reacción catalizada por una enzima.

Los inhibidores son, por tanto, sustancias específicas que disminuyen parcial o totalmente la actividad de una enzima.

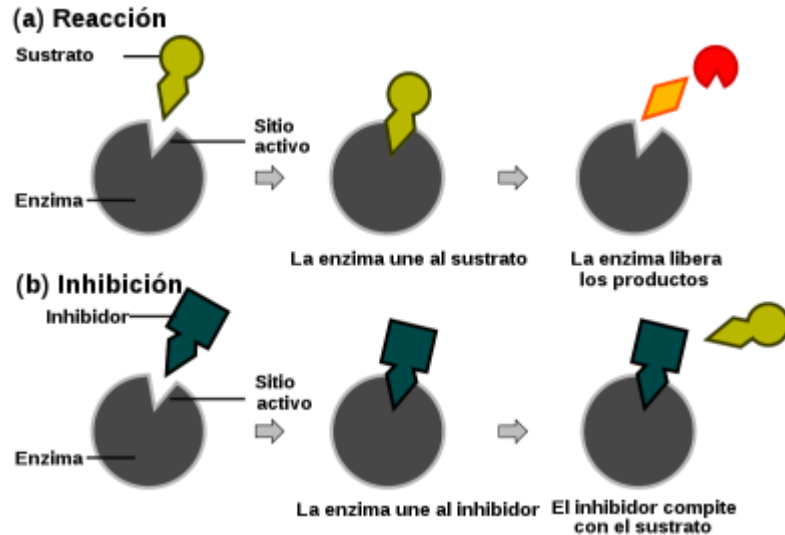
La inhibición puede ser de dos tipos:

Irreversible; cuando el inhibidor o veneno modifica o destruye el enzima, que no puede recuperar su actividad, (imagen 37).

Reversible; cuando el complejo enzima-inhibidor puede disociarse y volver a actuar. Existen dos tipos:

Inhibición competitiva; el inhibidor compite con el sustrato por el centro activo, ya que es una molécula parecida y el enzima no es capaz de distinguir entre uno y otro.

Inhibición no competitiva; el inhibidor no compite con el sustrato ya que no interacciona con el centro activo, sino con otros grupos del enzima. Suele producir una modificación en la conformación del enzima que impide la unión del sustrato, pudiendo, además, unirse al enzima o al complejo enzima-sustrato. Puedes ver una imagen de la inhibición no competitiva si haces clic en este enlace.



## Inhibición Reversible

La inhibición de la actividad enzimática es un proceso de enorme importancia biológica. Muchos caminos metabólicos son regulados a través de la inhibición selectiva de una o más de las enzimas que los componen.

Además de este efecto fisiológico, la inhibición puede presentar efectos perjudiciales, en el caso de muchas intoxicaciones, o beneficiosas, en el caso de los medicamentos que se comportan como inhibidores. Precisamente el uso terapéutico de los inhibidores es un estímulo para el estudio a fondo de los procesos de inhibición de enzimas. La inhibición es la disminución de la actividad enzimática por algún agente químico, un ligando, a diferencia de la desnaturalización, que es el cese permanente de la actividad enzimática por un agente físico o químico.

La inhibición reversible está caracterizada por un equilibrio entre la enzima y el inhibidor, definido éste por una constante de equilibrio que mide la afinidad de la enzima (E) por el inhibidor (I). La inhibición reversible implica que desaparece el efecto inhibitorio si se remueve el inhibidor, y que va a existir inhibición en su presencia en un grado que depende de la concentración del I.

La inhibición puede apreciarse como una disminución de  $V_{MAX}$  o aumento de  $K_m$  solamente, o por una combinación de efectos sobre ambos.

### **Inhibición irreversible**

- Se modifica un grupo esencial para la catálisis del enzima - Sustancias tóxicas, naturales o sintéticas - Formación de un enlace covalente - No cumple Michaelis y Menten - Cinética lenta - Aporta información valiosa sobre la identidad de grupos catalíticos del centro activo

### **Inhibición Competitiva**

La más común

El inhibidor compite con el sustrato natural por el enlace al sitio activo

El inhibidor tiene una estructura semejante a la del sustrato natural  $\Upsilon$  Se enlaza más fuertemente  $\Upsilon$  Puede o no reaccionar  $\Upsilon$  Si reacciona lo hace lentamente  $\Upsilon$  Proporciona información del sitio activo al comparar las estructuras

### **Inhibición Acompetitiva**

El Inhibidor se une al complejo enzima-sustrato, no a la enzima libre

El Inhibidor no requiere ser semejante al sustrato

Sitio activo = multisustrato, o I en el segundo sitio

Se distorsiona el sitio activo; evita que ocurra la reacción

Aumento de  $[S]$  no cambia el enlace el inhibidor a ES (acompetitiva)

### **Inhibición mixta**

Totalmente mixta La inhibición mixta se caracteriza por gráficos doble recíprocos que se intersectan no sobre un eje sino en algún cuadrante.

$V_{MAX}$  siempre va a disminuir, mientras que  $K_m$  puede subir o bajar. Este tipo de inhibición puede aparecer por distintas razones y de varias maneras. El caso particular que se presenta aquí es el de una inhibición mixta con asociación de inhibición no competitiva pura y parcialmente competitiva para enzimas que obedecen a cinéticas de equilibrio. Se asume que están afectadas las afinidades de E y EI por el sustrato y que ESI es inactivo.

## **PRIMERA LECTURA**

### **IMPORTANCIA DE LA BIOQUÍMICA**

La bioquímica es una ciencia médica y biológica fundamental que ayuda a comprender la biología celular, la microbiología, la nutrición, la farmacología y la fisiología molecular.



Es una disciplina esencial para abordar los grandes problemas y enfermedades actuales y del futuro, tales como el cambio climático, la escasez de recursos agroalimentarios ante el aumento de población mundial, el agotamiento de las reservas de combustibles fósiles, la aparición de nuevas formas de alergias, el aumento del cáncer, las enfermedades genéticas, la obesidad, etc.

## PATOLOGÍA



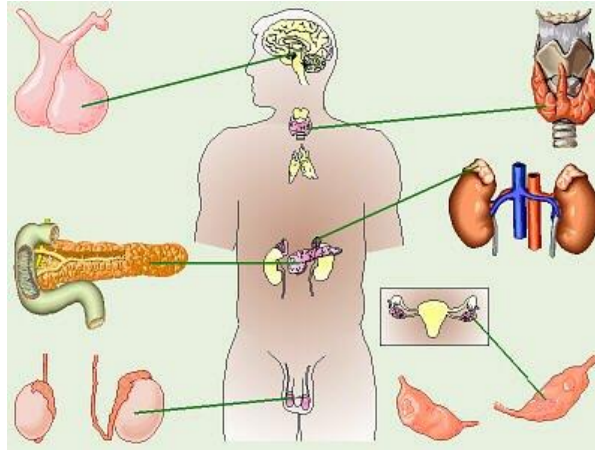
Es el estudio y la diagnosis de la enfermedad a través del examen de órganos, de tejidos, de líquidos corporales, y de cuerpos enteros, también abarca el estudio científico relacionado de los procesos de la enfermedad, llamado patología general.

## FARMACOLOGÍA

La bioquímica proporciona a los ingenieros agrónomos y pecuarios métodos efectivos para el aumento de los cultivos el desarrollo y mejoramiento de masa animal, tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo. La aplicación de sistemas moderno de producción tiene como base la investigación que proporciona mayor rendimiento y desarrollo económico, investiga formas de mejorar la nutrición del hombre y de los animales.

En la bioquímica el ingeniero agropecuario halla fundamentos científicos que le permiten encaminar adecuadamente la autoconservación y la autoproducción que es la base fundamental para el aumento de la producción agropecuaria.

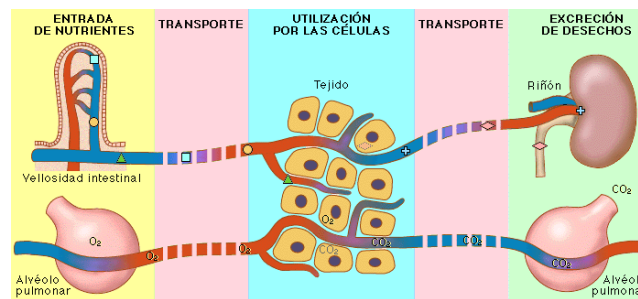
Es el estudio unificado de las propiedades de las sustancias químicas y de los organismos vivos y de todos los aspectos de sus interacciones, orientado hacia el tratamiento, diagnóstico y prevención de las enfermedades



## ENDOCRINOLOGÍA:

Es el estudio las secreciones internas llamadas hormonas, las cuales son sustancias producidas por células especializadas cuyo fin es de afectar la función de otras células. La endocrinología trata la biosíntesis, el almacenamiento y la función de las hormonas, las células y los tejidos que las secretan, así como los mecanismos de señalización hormonal. Existen subdisciplinas como la endocrinología médica, la endocrinología vegetal y la endocrinología animal.

## NUTRICIÓN



Cuando comemos nos alimentamos, para que esos alimentos se conviertan en nutrientes, es decir, vitaminas, minerales, antioxidantes, aminoácidos esenciales, etc., necesitamos de la bioquímica para que mediante catalizadores lleven los adecuados nutrientes a las células.

## INMUNOLOGÍA

Área de la biología, la cual se interesa por la reacción del organismo frente a otros organismos como las bacterias y virus.

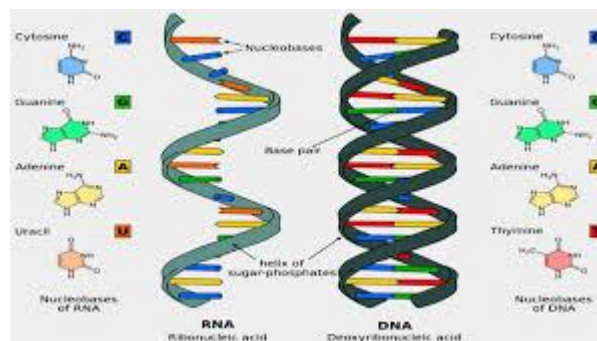


## ENFERMERÍA:

Básicamente la bioquímica nos permite conocer mejor todo el proceso químico que ocurre en el cuerpo humano como: proteínas, lípidos, ácidos nucleicos entre otros y de haber alguna anomalía la enfermera puede aplicar el medicamento y la atención pertinente a cada caso.

Las aplicaciones de la bioquímica a la enfermería son fundamentalmente es el comprender cómo funciona nuestro organismo, el entender de donde vienen los parámetros analizables que son indicadores de enfermedades, comprender mejor las bases moleculares de las enfermedades y así ofrecer un cuidado al enfermo sabiendo lo que se hace, y también estar abierto a nuevos cuidados y curas que cada vez serán más sofisticados y personalizados y que requieren de un conocimiento más profundo de la bioquímica humana.

## LA GENÉTICA



Se ha enriquecido extraordinariamente cuando una buena parte de su problemática ha podido abordarse con técnicas bioquímicas; y así, los recientes descubrimientos en este campo han hecho posible dar una explicación a nivel molecular de la transmisión de los caracteres hereditarios. Los trabajos de Watson y Crick y de Nirenberg, Kornberg y Ochoa han contribuido al gran desarrollo que hoy ha llegado a alcanzar la Genética tras esta fértil confluencia con la Bioquímica.

## QUÍMICA

Una necesaria relación de dependencia, ya que los métodos que emplea el bioquímico para abordar el estudio de la materia viva son en su mayor parte métodos químicos. Por tanto, muchos de los avances de la Química redundan inmediatamente en un perfeccionamiento de las técnicas que el bioquímico tiene a su disposición. Por otra parte, éste necesita poseer una amplia gama de

conocimientos de Química orgánica y Química Física para comprender mejor los mecanismos de las reacciones enzimáticas y la estructura y comportamiento de las macromoléculas.



## AGRONOMÍA

La bioquímica proporciona a los ingenieros agrónomos y pecuarios métodos efectivos para el aumento de los cultivos el desarrollo y mejoramiento de masa animal, tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo. La aplicación de sistemas moderno de producción tiene como base la investigación que proporciona mayor rendimiento y desarrollo económico, investiga formas de mejorar la nutrición del hombre y de los animales.

## SEGUNDA LECTURA

Las aplicaciones de la bioquímica se registran principalmente en la medicina, la industria y la agricultura, aunque se han extendido a numerosas áreas gracias al avance de la tecnología.

La bioquímica se encarga de estudiar la composición química de los seres vivos. Se focaliza principalmente en las proteínas, los carbohidratos, los lípidos y los ácidos nucleicos.



Su interés está en los procesos en los que participan estos compuestos. Entre estos destacan el metabolismo, el catabolismo (proceso de obtención de energía) y el anabolismo (la generación de biomoléculas propias).

Se cree que las primeras observaciones sobre las reacciones químicas se obtuvieron con la fermentación del pan y el vino, pero solo hasta el siglo XIX se comenzaron a estudiar las reacciones químicas y los cambios biológicos en los seres vivos.

A través de fenómenos como la isometría química, Louis Pasteur percibió la similitud que existía entre las moléculas de ácido tartárico propias de los seres vivos y las que se sintetizaban en un laboratorio.

Tras este descubrimiento se desarrolla la bioquímica y alcanza su esplendor hacia la segunda mitad del siglo XIX. En el año 1919 el ingeniero Karl Ereki denominó a esta nueva ciencia como bioquímica.

Las 7 aplicaciones principales de la bioquímica

#### I- Medicina

Los diagnósticos clínicos son posibles gracias a la bioquímica. El estudio de las biomoléculas y el metabolismo en el humano han permitido establecer las causas de numerosas enfermedades.

A través de la observación de microorganismos es posible comprender las bases moleculares de una enfermedad y determinar el mejor tratamiento.

La bioquímica permite conocer todos los procesos químicos que se desarrollan en el cuerpo en cuanto a la formación de proteínas, lípidos y ácidos nucleicos, entre otros.

Además, gracias a la bioquímica ha sido posible realizar el diseño de organismos para la producción de antibióticos, el desarrollo de vacunas, los diagnósticos moleculares y las terapias regenerativas.

Con el desarrollo de la ingeniería genética es posible la predicción y curación de enfermedades, principalmente de tipo endocrino, al identificar la carencia o exceso de hormonas.

El desarrollo de la medicina es impensable sin la bioquímica debido a que esta ciencia es la que estudia los cambios químicos y biológicos en los seres vivos y, por lo tanto, del paso de un estado de enfermedad a un estado de salud.

## 2- En procesos industriales

La bioquímica ha permitido el diseño de microorganismos para la fabricación de productos químicos y el uso de enzimas como catalizadores industriales.

Los microorganismos pueden manipularse para el desarrollo de importantes productos químicos y también permiten la destrucción de contaminantes químicos.

## 3- Ambientes marinos y acuáticos

En los océanos, mares y ríos existen numerosos ecosistemas. Para protegerlos es necesario conocer las condiciones en las que se da la vida y que garantizan su permanencia en el tiempo.

Las organizaciones del mundo que trabajan por la protección de estos ecosistemas incluyen en su estructura funcional el área de bioquímica.

Estas monitorean y evalúan los componentes del sistema acuático de forma permanente, para conocer los cambios químicos y biológicos, y sus posibles causas y efectos.

## 4- Alimentación y temperatura corporal

La alimentación diaria es asunto de la bioquímica. Un buen estado de salud con el nivel óptimo de nutrición debe contemplar las necesidades químicas del cuerpo.

Ganar o perder peso, mantener el control de azúcar en la sangre, y equilibrar el colesterol bueno y malo son acciones que requieren conocer la química del organismo.

La temperatura corporal también refleja procesos bioquímicos; los seres vivos requieren una temperatura promedio para sobrevivir.

Los descubrimientos sobre bioquímica permitieron conocer este indicador de salud y entender las posibles causas para poder restablecer el bienestar de un organismo.

## 5- Agricultura

En la agricultura los aportes de bioquímica resultan fundamentales para la producción de insecticidas y fertilizantes.

Los estudios de las reacciones químicas y biológicas permiten conocer las condiciones del suelo, preparar las mejores semillas y utilizar los mejores abonos para lograr alimentos de calidad y con los nutrientes adecuados.

De igual manera estos insumos agropecuarios se producen pensando en su biodegradación para cuidar el ambiente.

El desarrollo rural incluye en su primera fase el uso eficiente del suelo, y para esto requiere el conocimiento de sus características físicas y químicas, entre las que se incluyen las reacciones químicas y biológicas estudiadas por la bioquímica.

#### 6- Calidad de los alimentos

La bioquímica ha permitido el cultivo de alimentos potenciando sus propiedades.

Gracias a esto del maíz se extraen las mejores proteínas, en el frijol se fortalecen sus raíces, en los tubérculos se potencian las proteínas y el almidón, en el aguacate se potencian las proteínas y las grasas, y en las frutas se identifica cómo mejorar la fibra de pulpa.

#### 7- Minería

En la minería se han logrado diversas aplicaciones a partir de la bioquímica. Metales como el cobre, el uranio, el cobalto, el oro y la plata soportan procesos de biotecnología para su extracción.

Además los avances de la bioquímica permiten realizar diseños para la transformación de metales por microorganismos.

Esta aplicación se encuentra principalmente en la degradación de desechos químicos o biológicos, que se convierten en contaminantes ambientales y que han sido vertidos en el ambiente con conocimiento o accidentalmente.

Actualmente se estudia la posibilidad de implantar estas técnicas bioquímicas en el ámbito industrial, con el tratamiento de otros minerales.

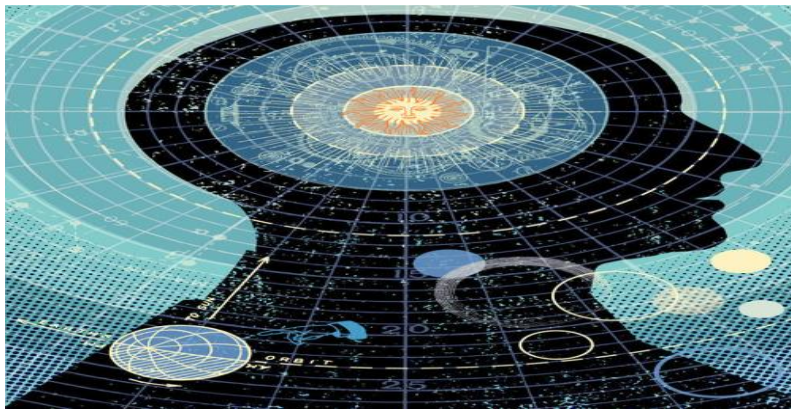
### **TERCERA LECTURA**

A menudo leemos en libros de autoayuda o autoconocimiento, que los pensamientos de carga negativa o destructiva, afectan a la salud y pueden crear enfermedades. Que cuidar nuestros pensamientos puede tener una incidencia directa en nuestra salud, como poco.

Este tipo de aseveraciones, así tan resumidas (porque la industria editorial de hoy en día parece premiar los libros comerciales y resumidos, frente a los detallados y más técnicos) son una realidad.

El problema es que no se explica el proceso por el cual el pensamiento de las personas se convierte directamente en parte de su salud, creando enfermedades y patologías o produciendo todo lo contrario: Mejoría y curaciones.

En el post de hoy vamos a hacer lo que muchos de esos documentales y libros no hacen: Explicar cómo funciona y de qué manera opera el proceso bioquímico completo por el cual nuestros pensamientos afectan directamente a nuestra salud tanto para bien como para mal...



Porque creemos que todo lo que se explica es fácilmente comprensible, mientras que lo que no se explica pasa a formar parte de la creencia. O se cree o no... pero no se comprende. Veamos, pues, de qué manera un simple pensamiento (cada pensamiento que tenemos) afecta, física y materialmente, a nuestro organismo.

El proceso es tan enriquecedor como interesante, de manera que merece la pena conocerlo a fondo porque, así, nos estaremos conociendo a nosotros mismos. Estaremos conociendo cómo opera nuestra Máquina Perfecta: La Mente, y su extensión:

El cuerpo.

**EL PROCESO QUE SIGUE UN PENSAMIENTO PARA CONVERTIRSE EN ENFERMEDAD (O TODO LO CONTRARIO):**

El pensamiento es la actividad de nuestro cerebro. Los pensamientos, las emociones, cómo nos sentimos, nuestra personalidad, la forma en que respondemos a nuestra vida... Todo ello forma lo que conocemos como "Mente" o actividad mental. Pero ahora nos interesa analizar el pensamiento como el flujo de actividad eléctrica que se desarrolla en nuestro cerebro, concretamente, la

actividad comunicativa entre las neuronas. Esas conexiones eléctricas interneuronales son las que dan lugar a lo que conocemos como pensamientos (ya sean imágenes, sonidos, recuerdos y memorias, inspiraciones, ideas, etc...

Una vez el cerebro ha creado y perseverado en una serie de pensamientos de un determinado tipo (alegres, destructivos, de crítica, humorísticos, inspirativos...) nuestro hipotálamo (el gran laboratorio químico de nuestro organismo) se pone en marcha.... ¿Forma de proceder? Tan simple de describir como compleja es en su funcionamiento:

El hipotálamo se pone a crear hormonas (péptidos) directamente vinculados a los pensamientos que nuestro cerebro está teniendo. Es decir, que nuestro hipotálamo creará combinaciones químicas de la misma tipología que los pensamientos que nuestro cerebro está produciendo. De este modo, aparecen las “emociones”. Nuestro hipotálamo, al segregar e inundar el torrente sanguíneo con esas hormonas vinculadas a nuestros pensamientos, hace que nuestro cuerpo cree sensaciones.

Por eso nos sentimos bien o mal, alegres o abatidos, calmados o nerviosos, como respuesta a nuestros pensamientos. Se trata, sencillamente, de que nuestro centro bioquímico (el hipotálamo) está creando productos químicos como el más perfecto laboratorio imaginable, para “dar forma de sensaciones” a los pensamientos que está produciendo nuestro cerebro.

Nuestro hipotálamo puede crear péptidos que nos hagan actuar deprisa ante situaciones de estrés; O puede segregar hormonas placenteras para adormecernos o para “premiarnos”. En definitiva, puede crear una sustancia química natural para cada proceso mental que esté en ese momento en marcha.

#### **EL PROBLEMA:**

El problema es que, por desconocimiento de estos procesos, la gente no es consciente de la importancia que tiene “pensar correctamente”. No se trata aquí de defender un tipo de pensamiento religioso o moral, ni nada por el estilo. Cuando decimos “pensamiento correcto” queremos decir, ni más ni menos, que el que sea adecuado y beneficioso para cada uno de nosotros. Ni más ni menos.

Como la mayoría de las personas desconoce la maquinaria bioquímica que se pone en marcha cada vez que nuestro cerebro produce pensamientos de un tipo o de otro, la gente simplemente no puede controlar cómo se siente, o lo que es mucho más importante, no puede controlar el hecho de que muchas de esas sustancias químicas vinculadas a pensamientos destructivos, están

literalmente, envenenando su cuerpo a diario y de ahí surgen enfermedades. Pero vayamos por partes, ya que hemos dicho que íbamos a explicar el proceso completo y de forma clara:

Si, por ejemplo, permitimos que las tensiones de cada día nos mantengan en un estado de estrés, o de alerta y desconfianza (actividades que realizará nuestro cerebro a través de los pensamientos que crea y que no se controlan), nuestro hipotálamo responderá segregando sustancias químicas que colocarán nuestro organismo en modo “ataque/huida” que es la respuesta interna ante el peligro y, por ello, frente a una situación de vida o muerte. Esa actividad del hipotálamo que es tan importante y decisiva en momentos puntuales de verdadero peligro, se vuelve autodestructiva cuando se experimenta muy continuada y regularmente.

El estrés, la ansiedad, la prisa, la urgencia, la preocupación... hace que nuestro cerebro cree situaciones inexistentes y, como respuesta química a ello, nuestro hipotálamo segrega las hormonas correspondientes a un ataque o a una situación de peligro inminente para nuestra vida... Y así, durante horas al día, y durante días y días al año. Eso, simplemente, destroza nuestro cuerpo por intoxicación bioquímica, dado que ningún organismo puede vivir permanentemente en estado de shock, de peligro o de estrés/miedo continuado.

Esto es lo que da lugar a infartos, anginas de pecho, úlceras gastrointestinales, hipertensión arterial, diabetes y un largo etcétera de patologías que pueden llegar a ser mortales. Y todo comienza en nuestros pensamientos descontrolados que han dado la orden equivocada a nuestro hipotálamo para que produzca sustancias que, segregadas de manera continuada en nuestro torrente sanguíneo, envenenan nuestro cuerpo.

#### MÁS PATOLOGÍAS CON ORIGEN EN LA GESTIÓN DEL PENSAMIENTO (EXPLICADAS):

Otro cúmulo de patologías y enfermedades que nuestro cuerpo padece sin que fuera necesario y que están directamente vinculadas a la forma en que pensamos son las infecciones víricas y bacteriológicas. El procedimiento es similar al anterior, pero no idéntico: Bajo situaciones constantes de estrés, miedo, ansiedad y preocupación, como hemos explicado, nuestra actividad hormonal pone en marcha procesos de defensa/respuesta; es decir, tensiona músculos, prepara el cuerpo para la potencial huida, redirige la circulación sanguínea, paraliza procesos internos no vitales, para atender una supuesta amenaza que no existe... pero que estamos imaginando. ¿Qué se consigue con todo esto?...

Pues ni más ni menos, que nuestro sistema inmunitario se desgaste, se colapse y no pueda repeler ataques que, en situaciones normales, está combatiendo y rechazando a diario (cuando funciona



bien, claro está). Así pillamos una gripe, sufrimos alergias, tardamos más en cicatrizar o en repeler infecciones, etc... Y todo comienza por la actividad mental.

Debemos tener en cuenta, ahora que sabemos cómo opera la bioquímica de nuestro cerebro, que nuestros pensamientos son las “instrucciones” que le dará nuestro cerebro a nuestro hipotálamo para que éste cree las hormonas que correspondan a ese estado mental. Si no cuidamos nuestros pensamientos y procesos mentales, la bioquímica de nuestro organismo sencillamente seguirá un patrón equivocado y nos inundará de toxinas que no juegan a nuestro favor, sino que nos debilitan, primero emocionalmente y después orgánicamente. Nuestros órganos dejan de funcionar adecuadamente para hacerlo en modo “alerta”, si vivimos bajo situaciones de estrés sostenido, prisa, preocupación y ansiedad. Con ello la circulación sanguínea falla, la tensión se dispara, la actividad nerviosa salta por los aires y aparecen las enfermedades en órganos como el corazón, los riñones, el páncreas y un largo etcétera de variables.

Del mismo modo, esas instrucciones incorrectas que no hemos sabido parar y revertir en nuestros pensamientos afectan a nuestro sistema emocional: Agotamiento, pena, rabia, frustración, depresión, bipolarismo... y un largo etcétera de variables de orden nervioso y emocional. Tan peligrosas o más que las orgánicas.

### **EL CONOCIMIENTO ES LA SOLUCIÓN**

Ahora que sabemos cómo se origina el proceso (pensamiento – hipotálamo – hormonas – envenenamiento del cuerpo – destrucción del sistema inmunitario) podemos también invertir el proceso. Pensamientos de confianza, amor, seguridad, tranquilidad, calma, paz, alegría... Inicia una secuencia totalmente diferente a la que da lugar a enfermedades. En estos otros casos, nuestro hipotálamo produce hormonas endorfinas, placenteras, de anestesia, calma, tranquilidad etc... Que contribuyen a que nuestro organismo pueda operar con normalidad y no bajo amenazas.

Nuestro sistema inmunitario puede hacer su trabajo de manera eficiente, el riego sanguíneo sigue el modelo y ritmo óptimos, nuestros órganos operan bajo condiciones perfectas. Y todo comienza con el detonante inicial: Los pensamientos, la llave a la bioquímica del cuerpo humano.

## **TERCERA LECTURA**

Bioquímica clínica y Tecnología

La Bioquímica clínica, como la palabra lo indica, se ocupa de la química de los seres vivos. Los que hacemos Bioquímica Clínica nos ocupamos dentro de los seres vivos, en particular del género humano y de aquellos otros que interactúan con el mismo. El desarrollo de la misma como ciencia ha tenido, a partir de las demandas de las ciencias médicas, una constante evolución por la necesidad de interpretar los fenómenos básicamente fisicoquímicos que ocurren el hombre como “sistema”

Con Claude Bernard (1813-1878) nace para la medicina el verdadero e inequívoco carácter de “ciencia” al experimentar en modelos biológicos, no sobre piezas anatómicas o disecciones que mostraban solo alteraciones morfológicas estáticas, concibiendo al cuerpo humano como una máquina biológica, allanando así el camino a la biofísica en los finales del siglo XIX.

Claro que para la verdadera comprensión del mecanismo de las enfermedades que comenzó entonces, se contó contemporáneamente con los aportes de la biología celular, la bioquímica, la farmacología y la bacteriología. Se comenzó a usar medicamentos y se diseñaron terapias sobre las fuentes de las alteraciones, más que operando sobre los síntomas.

Más tarde, ya en el siglo XX, en el sector de la Salud, los hallazgos de Watson y Crick referido a la estructura del ADN, precisamente al finalizar la segunda guerra mundial, le dieron auge a un desarrollo tecnológico espectacular: hubo un verdadero impacto de la tecnología en el campo de la Salud Humana.

Esto le otorga un verdadero “marco científico” a la bioquímica clínica, definiéndolo inequívocamente en lo referido a la tecnología médica, en particular en la utilizada en el diagnóstico.

Nosotros, los bioquímicos clínicos, en realidad somos tecnólogos, entendiéndose por tal a un experto en procesos técnicos.

El objetivo del tecnólogo es aplicar los conocimientos para resolver problemas, crear máquinas, Instrumentos, o sistemas, que sean de utilidad en las áreas específicas en las que se desenvuelve.

Hay, por tanto, una tecnología bioquímica. Como usuario de técnicas que somos, aceptamos que las mismas nacen del conocimiento, del ingenio, la creatividad y la demanda, de allí que el desarrollo tecnológico esté estrechamente vinculado, es más, es dependiente del desarrollo de las ciencias y la investigación.

Hasta los años 50 del siglo XX el laboratorio de análisis clínicos contaba con escaso instrumental, dependía del conocimiento, la habilidad y artesanía del profesional a cargo, que podía ser médico, farmacéutico, bacteriólogo, o químico, que enfrentaba los muchos desafíos que la práctica médica le presentaba, en el fondo implementando y utilizando tecnología para las demandas que la medicina requería.

Una apretada síntesis de la evolución tecnológica permite decir que cronológicamente desde el siglo XX, las mediciones comenzaron con las mediciones manométricas de los gases sanguíneos y las mediciones colorimétricas de azúcares y compuestos del nitrógeno, posteriormente electrodo de cristal para medir pH, el colorímetro con filtro de gelatina y célula fotoeléctrica de sulfuro de cadmio y el fotómetro de llama. Luego el espectrofotómetro DUUV-visible, los espectrofotómetros de exploración, fluorímetros, así como balanzas automáticas; en el área de la electroquímica, los tituladores potenciométricos y amperométricos, el contador de partículas Coulter, hasta llegar a los 60 al autoanalizador Technicon, seguido del autoanalizador multicanal y de muestras separadas. La electroforesis sobre papel y otros soportes, la cromatografía de líquidos, de gases y la cromatografía en columna. Luego electroforesis sobre diversos soportes y el isoelectroenfoque. El desarrollo del láser y los anticuerpos marcados con fluoresceína y la citometría de flujo aumentaron la capacidad, cuali y cuantitativa, de exploración de los contadores hematológicos. El aislamiento y la producción de los anticuerpos monoclonales, en la era post-Milstein, abre nuevos horizontes al campo inmunológico, con aplicación diagnóstica en otras disciplinas, como la endocrinología, oncología, virología, bacteriología, etc.

En la década del '90 se comenzó a trabajar en Cromatografía Líquida de Alto Rendimiento (HPLC) con detector ultravioleta y fluorométrico y cromatografía gaseosa acoplada a detector de masas por impacto electrónico.

Los espectrómetros de absorción, conocidos como espectrómetros de masa y su aplicación conjunta con la cromatografía líquida comenzaron a ser utilizados en la detección de desórdenes metabólicos congénitos.

Recientemente los biosensores y el microchip, generan un nuevo microsistema de análisis químico. La quimioluminiscencia y electroquimioluminiscencia, que aumentaron además las posibilidades de automatización de los procesos.

Volviendo al modelo desarrollado por Watson y Crick dilucidando la estructura del ácido desoxirribonucleico, debemos mencionar que comenzó una profundización ininterrumpida en el

conocimiento de la estructura química del material genético, la estructura de las proteínas, los genes como determinantes de esa estructura y la biosíntesis de las proteínas. Hoy, constituye el campo de la Biología Molecular, bastamente aplicado al Diagnóstico Molecular en Microbiología, Virología y enfermedades infecciosas, en tipificación de tejidos e histocompatibilidad de órganos para trasplante, en Oncología Molecular, en Genética Molecular, para nombrar los más difundidos en el campo del diagnóstico. Hacia fines de la década de los '80 se empezaron a introducir nuevas metodologías moleculares: las sondas de ADN, la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y más recientemente, a principios de este siglo, la PCR en tiempo real.

La apertura tecnológica del campo de la genómica, aparece como imposible de imaginar en los alcances que tendrá hacia el futuro en la práctica médica.

Entre ellas, la Proteómica que comprende el conocimiento de la estructura y función de las manifestaciones en el campo de la fisicoquímica y mecanismos enzimológicos, que implican el conocimiento de la secuencia y estructuras de los complejos proteicos, así como sus roles como parte de una red. En un sistema biológico, el contexto de la proteómica está orientado a conocer todo el comportamiento global y no el parcial. Hay, por ejemplo, un proteoma celular y otro del plasma sanguíneo.

La proteómica, para algunos, es el campo de unión entre los genes, las proteínas y la enfermedad. La glicómica, estudiando básicamente lo mismo, pero referido a los azúcares, la transcriptómica, relativo a las características de la transcripción del código genético y la metabolómica, analizando la interrelación de los fenómenos metabólicos, serán seguramente campos de vastos desarrollos tecnológicos y de conocimientos inagotables en función del propio crecimiento de las ciencias básicas y su aplicación en el campo de la práctica médica. Así también la nanotecnología y los desarrollos TICs, seguirán con sus innumerables aportes en nuestro terreno.

Un verdadero desafío éste para aquellos que tenemos la responsabilidad de poner en valores todas las ofertas tecnológicas que aparezcan al servicio de la mejora en el diagnóstico, el tratamiento, el seguimiento y eficiencia en el tratamiento instalado, en las situaciones de enfermedad o sanidad que plantea el ser humano como sujeto.

Terreno siempre creciente, siempre en desarrollo y siempre desafiante que no deja de obligarnos a mantener un permanente conocimiento y capacitación, como es seleccionar que tecnología y que

línea de razonamiento analítico, debe implementarse. Solo así se logrará, con éste y otros desarrollos científicos interdisciplinarios, que el concepto de Salud, como bienestar o calidad de vida, sea una realidad y reciba desde nuestro enfoque tecnológico, los aportes necesarios y suficientes como para ser accesibles económicamente, científicamente válidos y tengan un respaldo de conocimiento y capacitación permanente como para convertirlos en una herramienta sustentable en el tiempo para el paciente y el o los médicos responsable del mismo.

Oscar Fay.

### **Bibliografía recomendada:**

-Mario Bunge- Filosofía para médicos- Ed- Gedisa, Barcelona, Esp. 2012

-Francis Collins, El lenguaje de la vida. Ed. Crítica, Barcelona Esp. 2010

-Carlos Schonfeld, Acta bioquím. clín. latinoam. vol.47 no.1 La Plata mar. 2013

### **Referencias**

- Andersen, C. A. (1967). An Introduction to the electron probe microanalyzer and its application to biochemistry. *Methods of Biochemical Analysis*, Volume 15, 147-270.
- Březina, M., & Zuman, P. (1958). *Polarography in medicine, biochemistry, and pharmacy*. Interscience publishers.
- Cameron, A. T., & Gilmour, C. R. (1935). *Biochemistry Of Medicine*. J. And A. Churchill; London.
- Nelson, D. L., Lehninger, A. L., & Cox, M. M. (2008). *Lehninger principles of biochemistry*. Macmillan.
- Ramos A., (2001) El futuro de las técnicas de bioquímica génica y sus aplicaciones. *In vitro veritas*, 2, art. 10. Universidad de Catalunya.