

Bioquímica



Dpto. Biología y CTMA C. Maravillas 07

ÍNDICE

Contenido:	Página:
1. Introducción a la bioquímica.....	5
1.1 Hipótesis del estado estacionario.....	5
1.2 Hipótesis del Universo en expansión.....	5
1.3 Eras del Universo.....	6
1.4 El futuro del Universo.....	7
1.5 La vida en la Tierra.....	8
1.6 La aparición de la herencia genética.....	9
1.7 El sistema evolutivo.....	9
2. Bioelementos y biomoléculas.....	11
2.1 Átomos, compuestos y bioelementos.....	11
2.2 Biomoléculas y grupos funcionales.....	12
2.3 Tipos de enlaces.....	13
2.4 Isomerías.....	13
3. El agua.....	14
3.1 Conceptos de la molécula de agua.....	14
3.2 Propiedades del agua.....	14
3.3 Funciones biológicas del agua.....	17
3.4.1 Origen de la escala pH.....	17
3.4.2 El pH.....	17
3.4.3 Las disoluciones tampón.....	18
3.5.1 La ósmosis.....	18
3.5.2 La presión osmótica.....	19
3.5.3 Efectos biológicos de la ósmosis y antagonismo iónico.....	19
3.6 Diálisis, difusión y absorción.....	19
4. Glúcidos.....	20
4.1 Concepto y clasificación.....	20
4.2.1 Monosacáridos: estructura y función.....	20
4.2.2 La forma cíclica de los monosacáridos.....	21
4.2.3 La proyección de Haworth.....	21
4.3 Monosacáridos de interés.....	22
4.4 Formación de monosacáridos.....	22
4.5.1 El enlace O-glucosídico.....	23
4.5.2 Disacáridos: los oligosacáridos más abundantes.....	23
4.5.3 Otros oligosacáridos.....	23
4.5.4 Nomenclatura de los disacáridos.....	24
4.6.1 Clasificación de los polisacáridos.....	24
4.6.2 Otros ejemplos de polisacáridos.....	25
4.7 Resumen de los principales glúcidos y sus funciones biológicas.....	26

5. Lípidos.....	27
5.1 Concepto y cualidades.....	27
5.2 Clasificación según saponificación.....	27
5.3.1 Los ácidos grasos.....	28
5.3.2 Propiedades de los ácidos grasos.....	28
5.3.3 Clasificación de los ácidos grasos.....	29
5.3.4 Ejemplo de función biológica de un ácido graso.....	30
5.4 Triacilglicéridos.....	30
5.5 Fosfolípidos: estructura, clasificación y funciones.....	31
5.6 Las ceras.....	31
5.7 Lípidos no saponificables.....	32
6. Proteínas.....	34
6.1 Concepto e importancia biológica.....	34
6.2 Nomenclatura de las estructuras formadas por aminoácidos.....	34
6.3.1 Aminoácidos y enlace peptídico.....	34
6.3.2 Las propiedades de los aminoácidos.....	34
6.3.3 Clasificación de los aminoácidos.....	35
6.3.4 El enlace peptídico.....	35
6.4.1 Estructuras de las proteínas.....	36
6.4.2 Estructura primaria.....	36
6.4.3 Estructura secundaria.....	36
6.4.4 Estructura terciaria.....	37
6.4.5 Estructura cuaternaria.....	38
6.4.6 Asociaciones supramoleculares: estructura quíntaria.....	39
6.5 Dominio estructural.....	40
6.6 Propiedades de las proteínas.....	41
6.7 Las funciones de las proteínas.....	41
6.8 Clasificación de las proteínas.....	42
7. Enzimas.....	43
7.1 Concepto y estructura.....	43
7.2 Enzimas y termodinámica.....	43
7.3 Mecanismos de acción enzimática.....	44
7.4 Coenzimas y cofactores.....	45
7.5 Temperatura y pH.....	46
7.6 Aloterismo e inhibición enzimática.....	47
7.7 Estrategias para aumentar la velocidad de una reacción enzimática.....	48
7.8 Clasificación de los enzimas dependiendo de su función.....	50
8. Vitaminas.....	51
8.1 Concepto.....	51
8.2 Vitaminas liposolubles.....	51
8.3 Vitaminas hidrosolubles.....	52
8.4 Avitaminosis.....	54
8.5 Hipervitaminosis.....	54

9. Ácidos nucleicos.....	55
9.1 Concepto e importancia biológica.....	55
9.2.1 Nucleótidos.....	55
9.2.2 Enlace fosfodiéster.....	56
9.2.3 Funciones de los nucleótidos nucleicos.....	56
9.2.4 Funciones de los nucleótidos no nucleicos.....	57
9.3 Enlaces entre ácidos nucleicos.....	57
9.4.1 Estructuras de ADN.....	58
9.4.2 Modelos de ADN.....	60
9.5.1 Estructura de Ácido Ribonucleico o ARN.....	60
9.5.2 Clasificación de los ARN.....	61
9.5.3 Síntesis y localización de los ARN.	62
9.6 Diferencias entre el ADN y el ARN.....	63
9.7 Funciones biológicas de los ácidos nucleicos.....	63
9.8.1 Transcripción del código genético en los eucariotas.....	63
9.8.2 Traducción del código genético.....	64
9.8.3 Síntesis proteica.....	66
9.8.4 Regulación de la expresión génica.....	67
9.9.1 Biosíntesis del ADN.....	68
9.9.2 Mutaciones génicas o puntuales.....	70
9.9.3 Agentes mutágenos.....	71
9.9.4 Sistemas de reparación del ADN.....	71
 GLOSARIO.....	 73

1. Introducción a la bioquímica.

1.1 Hipótesis del estado estacionario.

La idea del estado estacionario, propuesta por Fred Hoyle, Hermann Bondi y Thomas Gold en 1947, afirmaba que el proceso de creación de materia es continuo y, por tanto, el universo no tiene principio ni fin. Prescindiendo de irregularidades locales el Universo es uniforme espacial y temporalmente, no existe un verdadero centro en el espacio ni un origen del tiempo. La densidad media del universo se mantiene, por lo tanto, constante. Fue precisamente Hoyle quien acuñó el término Big Bang para ridiculizar las ideas que imaginaban un universo en expansión, sin embargo aunque su hipótesis de un universo estacionario está relegada por la comunidad científica, su hipótesis sobre la panspermia cada vez cuenta con más adeptos. Fred Hoyle falleció el 20 de agosto del 2001, a los 86 años, en Bournemouth (Reino Unido).

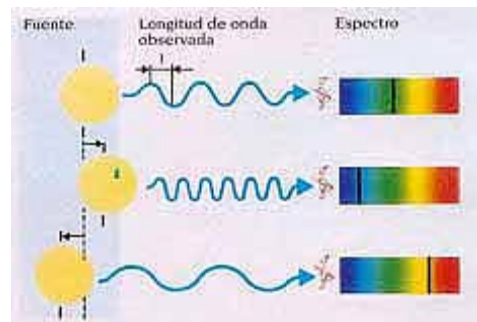
El modelo del Big Bang considera que el universo empezó a expandirse a partir de un estado en que materia y energía estaban comprimidas a temperaturas y densidades altísimas. Pero apenas había observaciones que permitieran descartar uno de los modelos.

1.2 Hipótesis del Universo en expansión.

En 1920 Edwin Hubble comprobó que la imagen que da un **espectroscopio** cuando se apunta a las galaxias vira hacia el rojo, es decir se aprecia un desplazamiento hacia el rojo. El espectroscopio da una imagen relacionada con el espectro de absorción y de emisión. Al utilizar el espectro de absorción del calcio en el laboratorio y compararlo con las imágenes obtenidas al enfocar las galaxias comprobó que el desplazamiento hacia el rojo es mayor cuanto más alejadas estén las galaxias del observador. Esto es algo similar al ruido que sentiría un observador junto a las vías de un tren que hiciese sonar su silbato de forma continua; al principio se escucharía un sonido que se iría haciendo más agudo (mayor número de ondas por unidad de tiempo) conforme el tren se acerca al observador. Una vez que el tren se separe del observador el sonido se haría cada vez más grave (menor número de ondas por unidad de tiempo), efecto Doppler. Puesto que este fenómeno es idéntico para todos los tipos de ondas se supuso que también afectaría a las ondas luminosas.

A comienzos del siglo XX, el efecto Doppler fue utilizado por Vesto Slipher, astrónomo del observatorio Lowell en Estados Unidos, para analizar el espectro luminoso de galaxias lejanas. Como ocurre con el sonido, una fuente luminosa emitirá más ondas de luz por unidad de tiempo si se acerca a nosotros a una velocidad considerable. Ocurrirá lo contrario si se aleja. Las ondas más largas del espectro luminoso corresponden a la luz de color rojo, mientras que las más cortas, al violeta. Como Slipher descubrió que las ondas de luz provenientes de la mayoría las galaxias observadas por él se alargaban (se corrían hacia el rojo del espectro), sugirió que todas ellas se alejaban de nosotros. Parecían huir del sistema solar como si se tratase de una enorme fuga. Esto, en un principio, desconcertó a los científicos. ¿Por qué las galaxias se alejaban unas de otras? Se llegó a la conclusión que el universo en que vivimos se está expandiendo.

Esta apreciación fue respaldada en 1929 cuando el astrónomo estadounidense Edwin Hubble trabajando en el observatorio de Monte Wilson estableció su "ley de recesión de las galaxias", según la cual, la velocidad con que las galaxias se alejan es directamente proporcional a la distancia en que se encuentran. Como en toda proporción, existe una constante, a esta se le llamó "constante de Hubble" (H), cuyo valor actual es $H = v/d = 160$ kilómetros/segundo.



Esto significa que las galaxias se alejan de nosotros acelerando 160 kilómetros por segundo en cada millón de años luz que recorren. Albert Einstein enunció entre 1915 y 1917 un marco teórico más o menos acabado acerca del universo. Su teoría general de la relatividad sentó las bases para el desarrollo de ecuaciones matemáticas que, en cierta forma, afirmaban el equilibrio general del universo y la recesión de las galaxias. El astrónomo holandés De Sitter trabajó sobre ellas y planteó el primer modelo del universo en expansión. En este mismo sentido lo hicieron también Alexander Friedmann y George Henri Lemaître, quienes aplicaron las conclusiones de Einstein en favor del universo expansivo. Sin embargo, el modelo de Lemaître postulaba que el universo se expandía no sólo por las evidencias matemáticas encontradas por Einstein, sino también debido a un fenómeno físico: una gran explosión. El científico ruso-americano George Gamow bautizó el modelo de Lemaître como "teoría del Big Bang" y desde 1948 se convirtió en uno de sus más osados defensores.

La relación entre expansión y enfriamiento es tan estrecha, que los científicos han logrado, a partir de ella, calcular con gran exactitud la temperatura teórica a la que debería encontrarse el universo en la actualidad. Tal temperatura es de 3°K (en la escala de Kelvin) o -273 grados Celsius bajo cero. Ahora bien, un cuerpo a una temperatura determinada, emite **radiaciones electromagnéticas** características de esa temperatura y era de esperarse que existiese algún tipo de radiación que confirmase los 3°K calculados para el universo. Fue en la primavera de 1964 cuando los astrónomos estadounidenses Arno Penzias y Robert Wilson, efectuando mediciones de ondas de radio en New Jersey, Estados Unidos; descubrieron una radiación de fondo que interfería con su trabajo y que no podían eliminar, ya que parecía provenir de todo el universo. Inmediatamente dieron la noticia a los físicos de la Universidad de Princeton que trabajaban en la teoría del Big Bang. Ellos confirmaron que dicha radiación era el "fósil físico" buscado por los científicos que correspondería a la radiación electromagnética que emite un cuerpo a 3 grados kelvin. Naturalmente, este descubrimiento, uno de los más importantes de la radio astronomía significó un fuerte respaldo a la teoría del Big Bang. Penzias y Wilson recibieron el premio Nobel de física por el descubrimiento de lo que posteriormente se denominó "radiación térmica cosmológica". Si quieres escuchar esa radiación de fondo solo tienes que sintonizar un receptor de AM entre dos emisoras conocidas, ese "chisporroteo" corresponde a esa radiación de fondo.



Toda la materia y la energía del universo se encontraban hace unos 15000×10^6 años en una forma infinitamente condensada y caliente. ESTADO DE SINGULARIDAD ORIGINAL. La aparición de los quarks, leptones, fotones etc. y de las cuatro fuerzas fundamentales (gravedad, electromagnetismo, interacción fuerte y débil) no es otra cosa que el resultado del enfriamiento progresivo de la **energía primordial** liberada en ese gran estallido como consecuencia de la continua expansión del espacio-tiempo.

1.3 Eras del Universo.

Se suele dividir en "eras" los periodos de tiempo que surgieron desde esa gran explosión hasta la actualidad:

ERA CUÁNTICA: Desde el inicio de la explosión hasta unos 10^{-43} segundos posteriores. Toda la materia se encuentra en forma de energía. Todas las fuerzas estaban agrupadas en la denominada fuerza electronuclear gravitatoria.

ERA HADRÓNICA: Entre 10^{-43} y 10^{-4} segundos. Al expandirse la materia disminuye su temperatura. Se separan las cuatro fuerzas fundamentales. A los 10^{-12} segundos el universo, los quarks y leptones colisionaban entre sí y con los fotones. A los 10^{-6} los quarks se agruparon dando los distintos **hadrones**: protones, mesones neutrinos etc.

Conforme el universo se expandía y enfriaba la energía de los fotones disminuyó; se deshace el equilibrio entre materia y energía, apareciendo una cierta asimetría que favorecía a la materia. Por esta razón vivimos en un universo de materia donde los fotones son abundantes (por ahora).

ERA LEPTÓNICA: De 10^4 a 10 segundos después de la gran explosión. Solo sobreviven algunos protones y neutrones; algunos fotones se transforman en pares leptones-antileptones y a su vez estos se transforman en fotones. Parece ser que al final de la era de los leptones la antimateria desapareció y como resultado se produjo una enorme cantidad de fotones (energía radiante), hay 1000×10^6 veces más fotones que otra cosa.

Un vestigio de esta era son los **neutrinos** (partículas capaces de atravesar la materia sin tocarla) nos llegan directamente en línea recta desde la primera diezmilésima de segundo después de la explosión inicial.

ERA RADIOACTIVA: Es el periodo de tiempo entre 10 segundos y 10^6 años. En esta era existen en igual número electrones y protones (lo que implica una neutralidad eléctrica del universo). Toda la materia está en un océano de luz denominado PLASMA.

- Cuando la temperatura comienza a bajar los protones y neutrones se asocian para formar núcleos ligeros de Hidrógeno (1 protón + 1 neutrón) y comienzan las reacciones de fusión nuclear entre los átomos de hidrógeno y formaron helio.
- Cuando se alcanzó los 3000°K , aparece la fuerza electromagnética separando los electrones de los núcleos (formación del H y del He).
- Mientras se mantiene el estado de plasma, los fotones interactúan con los electrones y la energía o radiación luminosa no puede escapar por lo tanto el universo no se puede ver con claridad. Más tarde cuando los electrones se combinan con los núcleos de H y He forman los ÁTOMOS, dejaron los fotones y se aclaró la niebla cósmica. A partir de ese momento los fotones han evolucionado independientemente de la materia.

ERA ESTELAR: Comenzó cuando el Universo tenía un millón de años hasta la actualidad. Cuando desaparecen los electrones libres del plasma para formar átomos, el Universo se hizo transparente a la radiación. La presión descendió bruscamente y a partir de inmensas nebulosas de H y He pudieron formarse las galaxias por un mecanismo de inestabilidad gravitatoria. En la actualidad la evolución es lenta y está determinada de una forma exclusiva por la fuerza gravitatoria que es la única que puede actuar a grandes distancias. La gravitación y la expansión dividieron la materia en galaxias, estrellas, planetas...

1.4 El futuro del Universo.

El futuro del Universo dependerá de su densidad y precisamente los neutrinos nos pueden ayudar a entender su futuro: Si los neutrinos tienen masa y están siendo atraídos hacia alguna parte el UNIVERSO SERÁ CERRADO. La fuerza gravitatoria superará la expansión, las galaxias se pararán y comenzarán a unirse. Se volverá a alcanzar el punto de SINGULARIDAD ORIGINAL. Si no tienen masa el universo será abierto y acabará en un frío interminable y cada vez más oscuro. Nunca se alcanzará la densidad crítica, la gravitación no frenará la expansión y cada vez las galaxias estarán más alejadas.



1.5 La vida en la Tierra.

Como consecuencia de la **acreción** de los planetesimales, la superficie de la Tierra recibió el impacto de inmensos bloques de rocas (varios km. de diámetro), atrapadas por la fuerza gravitatoria del planeta.

Durante un millón de años la energía de estos impactos mantuvo la Tierra en estado de fusión, lo que permitió a los elementos pesados (níquel y hierro) hundirse hacia el centro y formar el núcleo. Sobre estos materiales se asentaron los menos densos formando el manto y los silicatos que son mucho más ligeros se situaron en la superficie del planeta (corteza). Los elementos gaseosos se situaron encima del conjunto formando la atmósfera.

Los elementos químicos proceden de las supernovas, somos literalmente “polvo de estrellas”. El Ca de los huesos, el Fe de la sangre, el P del ADN, son elementos químicos surgidos en la formación e las supernovas, dejando un residuo denso y compacto en las estrellas de neutrones (agujeros negros).

La VIDA se fraguó en la atmósfera primitiva. La protoatmósfera o primera atmósfera fue arrasada por los vientos solares que actuaban en los comienzos de la formación del sol. Cuando las reacciones de fusión del hidrógeno se estabilizaron y se detuvo el colapso gravitatorio cesaron las convulsiones solares y el viento solar se calmó relativamente. Este provocó el enfriamiento de la superficie terrestre y esto trajo como consecuencia que los gases escapasen por las fisuras de la corteza. Por los volcanes surgieron cantidades ingentes de vapor de agua que al condensarse formó la Hidrosfera.

El CO₂ liberado más iones y agua formó las **rocas calizas**. El N₂ se quedó en la atmósfera. El O₂ más el H formó el H₂O que junto a minerales formó óxidos (sílice y limonitas). Al desaparecer el O₂ de la atmósfera el ambiente se hizo reductor; esto fue imprescindible para la estabilidad de las moléculas orgánicas ya que de persistir el O₂ la incipiente materia orgánica se oxidaría rápidamente.

- ☐ Los gases de la atmósfera (sin oxígeno) sirvieron de materia prima a partir de la cual surgió la vida Al no existir oxígeno en la atmósfera no se pudo formar la capa de ozono que filtra los rayos ultravioleta. Estas radiaciones junto con los rayos cósmicos y descargas eléctricas de las tormentas provocan la SÍNTESIS ORGÁNICA.
- ☐ La **síntesis** de materias orgánicas (H. de carbono, ácidos grasos, bases nitrogenadas, alcoholes, aldehídos, terpenos etc.) solo pudieron formarse por el bombardeo de diversas radiaciones sobre el vapor de agua, amoníaco, Co₂; al romperse los enlaces los átomos tendieron a organizarse de forma más estable y duraderas. Miller & Urey en 1952 hicieron un experimento en el que descargaban chispas eléctricas sobre H₂, CH₄, H₂O y CO₂ dando aldehídos y ácidos carboxílicos.
- ☐ La **polimerización**. Algunas moléculas orgánicas se polimerizaron dando cadenas, como las proteínas y ácidos nucleicos. Es posible que ocurriera en los mares primitivos donde caían continuamente moléculas simples, sintetizadas en la atmósfera. Este proceso era ayudado por la evaporación y congelación del agua, la acción de las arcillas que actúan como catalizadores, etc. Esa sopa o caldo primitivo continuamente aumentaba su complejidad (Oparin & Haldane).



Miller comprobando los resultados de su experimento.

La materia disuelta en la “sopa” se concentró en el interior de pequeñas gotas que posteriormente darían lugar a los protobiontes, predecesores de los seres vivos. Durante milenios se produjo una auténtica selección molecular que favoreció a las gotas que contenían **catalizadores** con los que llevar a cabo reacciones sencillas. Las posibilidades de supervivencia fueron mayores para los tipos de gotas capaces de captar del medio la energía y las moléculas necesarias para mantener su organización molecular, cada vez más compleja.

Oparín dedujo que las disoluciones acuosas de polímeros se organizan espontáneamente formando coacervados (gotitas formadas por la interacción de *polímeros* suspendidos en medio acuosos). Sin embargo estos coacervados no podrían haber evolucionado ya que no contienen enzimas, ni ADN para perpetuarse, aunque si se le suministra fosforilasa 1-P si presentan alguna actividad vital.

Sydney Fox, comprobó que si los coacervados se calientan entre 130 y 180°, se agrupan en microesferas, rodeados de una membrana parecida a la doble capa lipídica, que crecen y se dividen por bipartición y gemación. Estos **proteinoides** termales presentaban actividad catalítica, descomponen la glucosa, hidrólisis etc. Sin embargo, no tienen mecanismos de herencia.

1.6 La aparición de la herencia genética.

¿Qué apareció primero, el protobionte con un metabolismo funcional protegido por alguna membrana o el gen desnudo que sobrevive gracias a que continuamente realiza copias idénticas a sí mismo a partir de los nucleótidos de la “sopa primitiva” en la que vive?

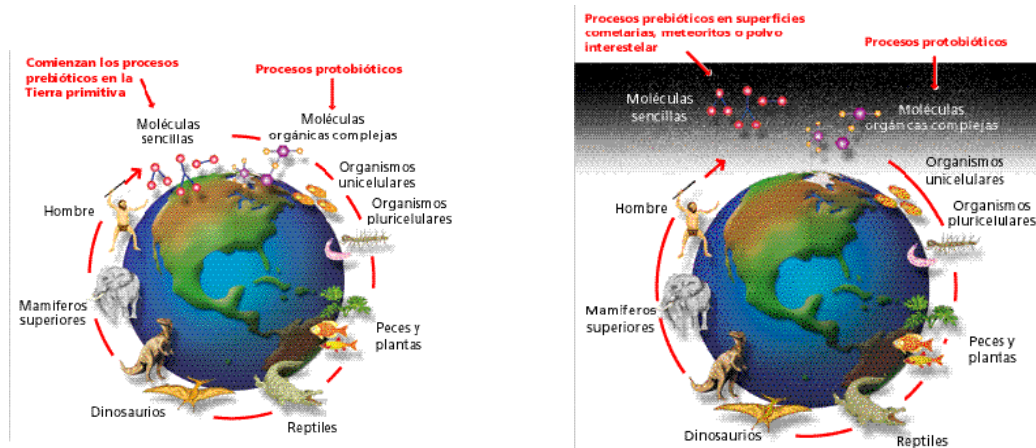
Es posible que evolucionasen a la vez el metabolismo y la herencia de la información genética, apareciendo delicadas células aunque suficientemente resistentes para dar descendientes y capaces de obtener energía del medio en el que viven y utilizarla en la autoperpetuación de sus estructuras.

En este momento surge de la materia inerte **la vida**.

Esta vida no es más que una propiedad más de la materia que se manifiesta cuando las estructuras moleculares alcanzan un grado de complejidad tal que son capaces de realizar ciertas funciones: obtener energía del medio ambiente y utilizarla para la relación, nutrición y reproducción.

1.7 El sistema evolutivo.

En el sistema evolutivo descrito anteriormente presupone un origen planetario de la vida, tal y como aparece en el dibujo de la izquierda; sin embargo algunos autores proponen un origen distinto: La PANSPERMIA (dibujo derecha).



La **panspermia** está otra vez de moda, y las moléculas también. A partir de las hipótesis formuladas por los científicos Fred Hoyle y Chandra Wickramasinghe, de la universidad de Cardiff, resulta un proceso inútil buscar el origen de la vida en la propia Tierra, puesto que se ha formado en alguna parte del espacio interestelar. Estos dos astrofísicos británicos han observado con sus telescopios, desde el infrarrojo hasta el ultravioleta, las nubes de materia que separan las estrellas. En los granos de esas nubes interestelares han identificado la existencia de una variedad de compuestos orgánicos extremadamente complejos (mucho más que los detectados -ahí, sin ambigüedades en otro campo de longitud de ondas por los radioastrónomos). Afirman incluso haber identificado... sistemas vivos.

Efectivamente, siempre según esos autores, los rastros observados en los granos interestelares corresponden a los obtenidos en laboratorio con una mezcla de diferentes microorganismos y virus. Los resultados les parecen, pues, carentes de ambigüedad a los sistemas biológicos presentes en el medio interestelar y son transportados hasta el interior del sistema solar por los cometas. Estos últimos, al sembrar la superficie de la Tierra con los materiales que lo forman, traerían, consecuentemente, la vida a nuestro planeta.

Es una conclusión que puede considerarse un tanto precipitada; los rastros en cuestión no pueden identificarse sin ambigüedad. Al contrario, presentan unas formas poco específicas que pueden explicarse por medio de múltiples interpretaciones. Por ello, Los científicos especialistas en este campo se muestran sumamente escépticos respecto a la interpretación aportada por Hoyle y Wickramasinghe y algunos, incluso, les acusan abiertamente de falsificación.

¿Una panspermia" dirigida"?

Si las condiciones eran muy poco favorables para la evolución química en la Tierra primitiva, ¿porqué no suponer que la vida ha surgido efectivamente en otra parte? Teniendo en cuenta la edad del Universo, habría tenido tiempo suficiente para evolucionar hacia unos sistemas dotados de inteligencia unos sistemas que incluso habrían podido desarrollar tecnologías avanzadas. Entonces nada impide suponer que esas civilizaciones hayan enviado a la tierra deliberadamente, hace cosa de unos 4000 millones de años, las primeras células, es la hipótesis de la panspermia dirigida".

No nació en una novela de ciencia-ficción, fue publicada en 1973, en la rigurosa revista científica internacional Icarus. Por dos sabios de gran prestigio: en especialista en química prebiótica de los nucleótidos, Leslie Orgel, y el premio Nobel Francis Crick, a quien debemos el descubrimiento de la estructura en doble hélice del ADN. ¿Una broma? No: para esos dos autores, la hipótesis de la panspermia dirigida no puede rechazarse: de todas formas, ¡actualmente no disponemos de ningún sistema para verificarla! En cualquier caso, nos lleva a preguntarnos si existe o no la vida extraterrestre.

Artículo de François Raulin en: www.hispaseti.org/panspermia_2.htm

2. Bioelementos y biomoléculas.

2.1 Átomos, compuestos y bioelementos.

Los átomos que constituyen la materia que forma los seres vivos están presentes en los compuestos del resto de la materia de la Tierra, pero en distinta proporción.

Sólo veinte elementos de los cien elementos químicos estables en las condiciones fisicoquímicas terrestres, los llamados bioelementos o elementos biogénicos están presentes en todos los seres vivos y el resto sólo aparece en determinados grupos.

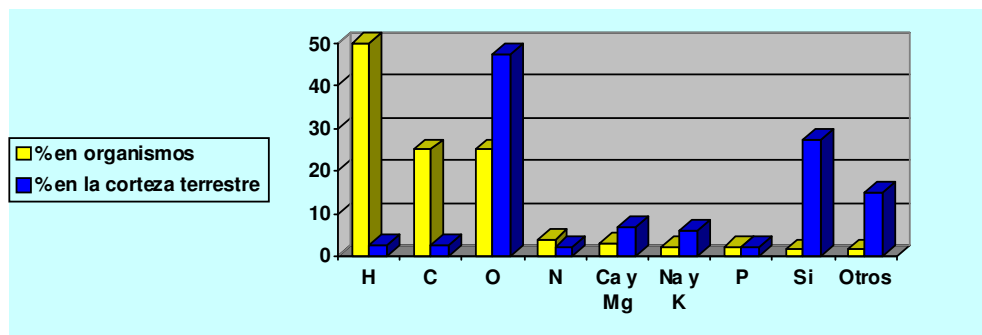
Según la proporción que se encuentran en la materia viva se clasifican en:

- **Bioelementos primarios o mayoritarios:** (C, H, O, N y en menor proporción P y S) constituyen el 99% del total de la materia de vida y forman la materia orgánica.
- **Bioelementos secundarios:** Aunque están presentes en pequeñas cantidades desempeñan importantes funciones y su carencia puede provocar trastornos serios. Se incluyen en este grupo el Na^+ , el K^+ , el Ca^{++} , el Mg^{++} y el Cl^- .
- **Oligoelementos:** Se encuentran en proporciones inferiores al 0,1% aunque desempeñan funciones esenciales en diferentes procesos bioquímicos y fisiológicos. Algunos oligoelementos como el Fe^{++} , el Cu^+ , el Zn^+ , el Mn, el I, el Ni, y el Co^{++} , aparecen la mayoría de los organismos y otros, como el Si, el F^{++} , el Cr, el Li, el B, el Mo, y el Al; sólo están presentes en grupos concretos.

La razón por la que el 99% de la materia de los seres vivos están formados por C, H, O, N es:

- Los 4 elementos tienen capas electrónicas externas incompletas. De ese modo se pueden formar enlaces covalentes, que son el resultado de compartir electrones entre átomos adyacentes.
- Poseen un número atómico bajo, por lo que los electrones compartidos en la formación de los enlaces se encuentran próximos al núcleo y las moléculas originadas son estables.
- El carbono es la base de la química orgánica. Los átomos de carbono se pueden unir entre otros para formar largas cadenas y por lo tanto variadas y grandes moléculas complejas.
- El átomo de carbono se une por cuatro enlaces distribuidos en forma de tetraedro, lo que da lugar a variadas estructuras tridimensionales.
- Los átomos de carbono pueden formar dobles o triples enlaces entre sí y con el oxígeno o el nitrógeno. Las variantes moleculares se incrementan en gran medida.

La complejidad de la materia de los seres vivos se debe a la inmensa variedad de compuestos que pueden formar con ese tipo de átomos.



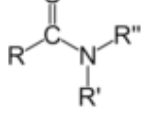
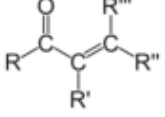
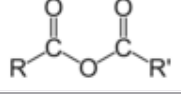
Proporción en la que se encuentran los elementos en los organismos y en la corteza terrestre.

2.2 Biomoléculas y grupos funcionales.

Se denominan biomoléculas (o principios inmediatos) a los compuestos o grupos de compuestos que han sido obtenidos por una muestra biológica por métodos exclusivamente físicos tales como centrifugación, filtración, destilación, diálisis, cristalización, etc.

Pueden ser simples o compuestos. Se llaman simples cuando las moléculas están formadas por los átomos del mismo tipo, como el oxígeno y compuestos cuando hay átomos de diferentes elementos, como por ejemplo el agua. Los **principios inmediatos** pueden ser inorgánicos, como el agua y las sales minerales, y orgánicos como los glúcidos, los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos.

Estas moléculas están compuestas por carbono en forma reducida. La base de la química orgánica son los hidrocarburos. El resto de los compuestos orgánicos pueden ser considerados derivados; los cambios en la cadena se producen al sustituir los hidrógenos por cadenas hidrocarbonadas o por uno o varios átomos por lo que se les denominan **grupos funcionales**, estas asociaciones tienen propiedades distintas y únicas en el mundo de la química orgánica.

Compuesto	Estructura	Formula
Aldehído		RCHO
Cetona		RCOR'
Ácido carboxílico		RCOOH
Éster		RCOOR'
Amida		RCONR'R''
Enona		RCOC(R')=CR''R'''
Cloruro de ácido		RCOCl
Anhídrido		(RCO) ₂ O

(Tabla tomada de Wikipedia)

2.3 Tipos de enlaces.

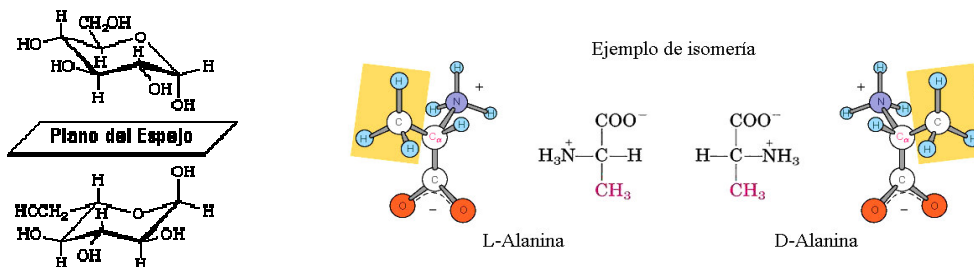
Los enlaces que mantienen unidos los átomos en las moléculas son enlaces covalentes (enlaces fuertes y estables). Pero entre los compuestos orgánicos se producen también otro tipo de enlaces débiles no covalentes que mantiene la estructura de ciertas moléculas a otras. Estas interacciones son:

- Enlace de hidrógeno o puente de hidrogeno: el átomo de hidrogeno es atraído por dos átomos diferentes generalmente O y N cuya electronegatividad es mayor.
- Interacciones electroestáticas: un grupo funcional ionizado presenta una carga (+) o (-), por lo que es atraído por un ión grupo carga opuesta.
- Interacciones hidrófobas: se produce cuando se mezclan sustancias apolares con agua. El agua, al formar entre sus moléculas puentes de hidrógeno, tiende a excluir las sustancias apolares de su entorno. Estas interacciones mantienen muchas de las estructuras biológicas fundamentales.
- Fuerzas de Van der Waals: son interacciones inespecíficas que se originan cuando dos átomos tienen una distancia superior a un valor mínimo, por debajo del cual se produciría repulsión entre las nubes de electrones. La atracción se debe a la variación de las nubes electrónicas. Son débiles adquieren importancia en las estructuras biológicas cuando se suman muchos de estas atracciones entre dos grandes moléculas.

2.4 Isomerías.

Una isomería es una cualidad propia de los isómeros, que son moléculas que poseen una misma composición química pero que a la vez tienen propiedades físicas diferentes.

- **Isomería de posición:** Está basada en la colocación o posición del grupo funcional.
- **Isomería de función:** Se debe exclusivamente al tipo de función química que presente el monosacárido.
- **Isomería geométrica o estereoisomería:** Se debe exclusivamente a la disposición de los enlaces en el espacio.
 - **Enantiómeros:** Son isómeros geométricos en los que uno es la imagen especular del otro. Tiene todos sus grupos alcoholícos situados en posición distinta.
 - **Epímeros:** Son isómeros geométricos en los que cambia la posición de un solo grupo alcoholíco.
- **Isomería óptica:** Se debe a un fenómeno físico mediante el cual una disolución de azúcar desvía el plano de la luz polarizada hacia la derecha o hacia la izquierda. Esto puede o no coincidir con la forma.

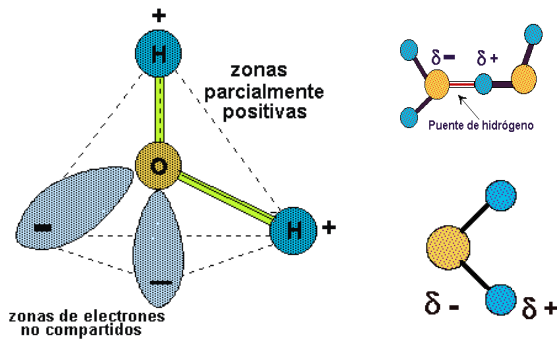


3. EL AGUA

3.1 Conceptos de la molécula de agua.

Un ser vivo es agua en un 70% aproximadamente. La importancia del agua en un ser vivo es tanta que la vida sería imposible sin ella.

El agua (H_2O) está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno formando un ángulo de $104'5''$. El agua es un **dipolo**, ya que el oxígeno al atraer los electrones de los átomos de hidrógeno (asociados al oxígeno), genera un entorno electronegativo en su proximidad y los hidrógenos al quedarse sin esos electrones generan una densidad de carga positiva en su entorno.



3.2 Propiedades del agua.

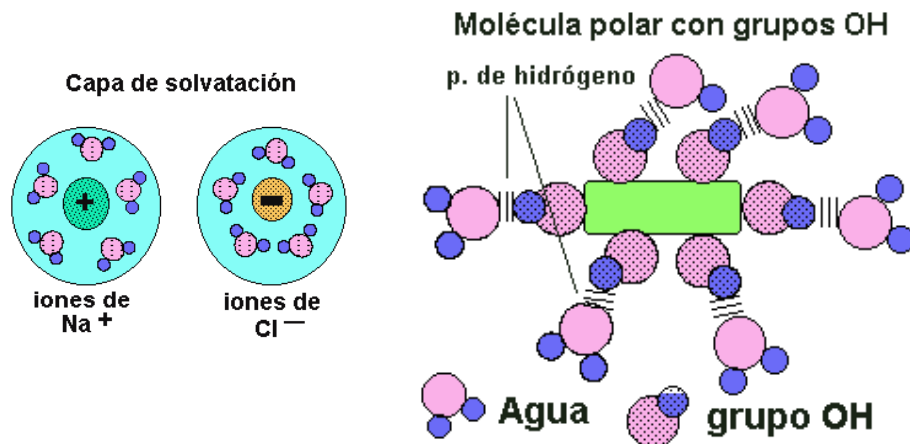
1. Cohesión molecular.

La principal característica del agua es su fuerte **cohesión** entre moléculas, debido a que se unen por **puentes de hidrógeno**. La zona positiva de una molécula y la zona negativa de otra hacen que se unan fuertemente.

2. Poder disolvente.

El agua es el líquido que más sustancias disuelve, por eso decimos que es el disolvente universal. Esta propiedad, tal vez la más importante para la vida, se debe a su capacidad para formar puentes de hidrógeno con otras sustancias que pueden presentar grupos polares o con carga iónica (alcoholes, azúcares con grupos R-OH, aminoácidos y proteínas, con grupos que presentan cargas + y -), lo que da lugar a disoluciones moleculares. También las moléculas de agua pueden disolver a sustancias salinas que se disocian formando disoluciones iónicas.

Algunas moléculas y agregados no forman disoluciones, sino que forman **coloides**, las cuales están en un equilibrio sol-gel. Si las partículas están separadas y el aspecto es fluido, están en la forma sol, mientras que en la forma gel, las partículas están más concentradas y el aspecto es gelatinoso.



3. Reactividad química.

Las numerosas moléculas de agua reaccionan entre si fácilmente: al disolver las moléculas polares o iónicas, el agua debilita las interacciones electrostáticas y los enlaces de hidrógeno.

El agua forma enlaces por puente de hidrógeno y esto es fundamental para la estructura de numerosas moléculas.

La síntesis de la mayoría de las macromoléculas a partir de los eslabones estructurales se realiza con la formación de una molécula de agua se produce la **degradación** de estos **polímeros**.

El agua también interviene en reacciones de oxidación-reducción produciendo O_2 y H_2 .

4. Alto calor específico.

El calor específico es la cantidad de calor que hace falta para aumentar un grado de temperatura un gramo de una sustancia. Esta propiedad hace que el agua sea un amortiguador térmico.

5. Calor de vaporización alto.

Gracias al alto calor de vaporización los seres vivos son capaces de refrigerarse

Ejemplo: evaporización del sudor en los humanos.

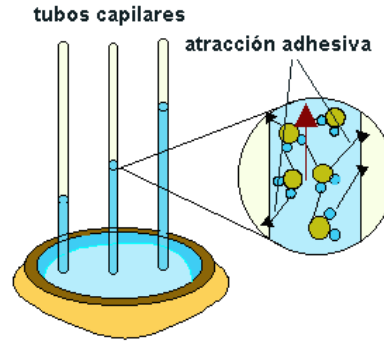
6. Densidad.

Es una propiedad extraña del agua ya que su estado de mayor densidad es a $4^\circ C$ cuando todavía esta en estado líquido.

7. Tensión superficial elevada.

Cuando el agua esta en contacto con otro medio la fuerza de cohesión entre sus moléculas aumenta, lo que forma una especie de membrana en su superficie. Algunos insectos como los *Guerris* sp. (chinchas heterópteras) pueden caminar sobre el agua debido a que en el extremo de sus patas poseen unas sedas que aumentan la superficie de sustentación; el conjunto del peso del organismo no supera la cohesión entre las moléculas de agua. El jabón provoca la disminución de la tensión del agua.

Gracias a esta cohesión también se puede entender la capilaridad, fenómeno por el cual el agua puede ascender por los tubos capilares del **xilema**.



3.3 Funciones biológicas del agua.

A) Función disolvente:

De la capacidad disolvente del agua derivan dos funciones muy importantes en los seres vivos:

- El agua es el medio perfecto para que se realicen las reacciones químicas.
- El aporte de nutrientes y la eliminación de productos de desechos se realiza a través de sistemas de transporte acuoso.

B) Función estructural:

Al ser incompresible llega a actuar como esqueleto en algunos animales como ciertos gusanos, y también permiten la turgencia de las plantas.

C) Función de transporte:

El fenómeno de la capilaridad favorece el ascenso de la savia en las plantas.

D) Función termorreguladora.

El gran calor específico del agua permite que el protoplasma acuoso sirva de protección a las moléculas orgánicas ante los cambios bruscos de temperatura ya que actúa como un tampón térmico que mantiene constante la temperatura del organismo a pesar de la variaciones de la temperatura externa.

E) Función amortiguadora:

La conductividad térmica del agua hace que el calor que se desprende en los procesos metabólicos no se acumule en el lugar donde se producen estos procesos.

F) Función refrigerante:

Gracias al alto calor de vaporización el sudor en los humanos y el jadeo en los perros actúan como mecanismos refrigerantes actúan reguladores de la temperatura corporal.

G) Función aislante:

Debido a que el hielo es menos denso que el agua líquida se puede mantener la vida en los lagos y oceánicos ya que se hiela solo la zona superior mientras que el fondo se mantiene por encima de los 4° C., gracias a esta dilatación anómala del agua, los organismos pueden sobrevivir debajo del hielo ya que el agua no alcanza el punto de congelación.

3.4.1 Origen de la escala pH.

En el agua, una pequeña cantidad de moléculas se encuentran disociadas en H^+ y OH^- . En realidad el catión H^+ no existe en disolución acuosa porque al ser tan pequeño e inestable se une a una molécula de agua dando lugar al catión **hidronio** (H_3O^+). La disociación del agua se define de la siguiente manera:



Este equilibrio viene definido por la constante de equilibrio k que se calcula a partir de las concentraciones de los participantes:

$$K = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{[H_2O]^2}$$

Como la concentración del H_2O se considera constante, ya que la inmensa mayoría de las moléculas no están disociadas, la concentración de agua será igual al número de gramos de agua en un litro por su peso molecular, es decir, $1000/18=55.5$ molar, por lo que puede incluirse en la constante de equilibrio:

$$55.5 k = [H_3O^+][OH^-]$$

El valor 55.5 k se engloba en una nueva constante K_w que es el producto iónico del agua. A $25^\circ C$ $K_w = 1,0 \times 10^{-14}$

3.4.2 El pH.

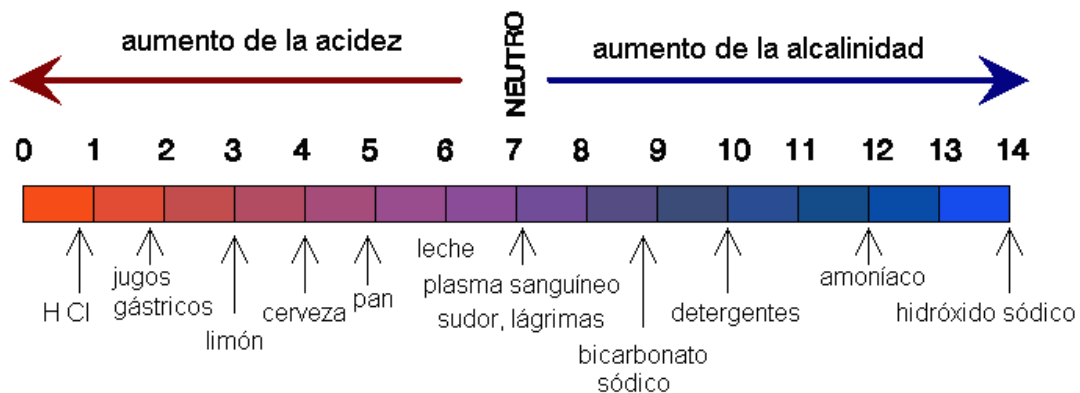
El K_w permite crear la escala del pH que mide la proporción de H_3O^+ de una disolución.

$$pH = -\log [H_3O^+] = -\log [H^+]$$

En el agua pura la concentración de iones H^+ es igual que la de iones OH^- y el pH es igual a 7 (disolución neutra).

$$[H^+][OH^-] = 1,0 \cdot 10^{-14} \quad [H^+] = [OH^-] = 1,0 \cdot 10^{-7}$$

Sin embargo muchas sustancias, al disolverlas en agua, provocan un aumento de iones H^+ y un descenso de iones OH^- . Esas sustancias se denominan ácidos ya que ceden protones al medio (al convertirse la disolución en ácida en la escala de pH tendría un valor inferior a 7). Otras sustancias provocan el efecto contrario, es decir, un aumento de iones OH^- y se denominan bases porque captan protones del medio (al convertirse el medio en básico en la escala de pH tendría un valor entre 7 y 14).



Este producto iónico es constante. Como en el agua pura la concentración de **hidrogeniones** y de **hidroxilos** es la misma, significa que la concentración de hidrogeniones es de 1×10^{-7} . Para simplificar los cálculos, Sorensen ideó expresar dichas concentraciones utilizando logaritmos, y así definió el pH como el logaritmo cambiado de signo de la concentración de hidrogeniones. Según esto:

- Disolución neutra $\text{pH} = 7$
- Disolución ácida $\text{pH} < 7$
- Disolución básica $\text{pH} > 7$



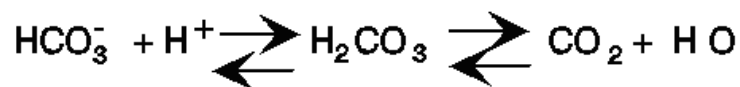
3.4.3 Las disoluciones tampón.

Para que una reacción metabólica pueda desarrollarse con normalidad es necesario que el valor del pH del medio interno sea constante. Las enzimas que **catalizan** las reacciones celulares funcionan únicamente dentro de unos límites de pH, existiendo un pH óptimo en el que alcanza la máxima efectividad. De ahí la importancia del control del pH en las células y en los fluidos corporales. Dicho control se realiza mediante tampones o disoluciones amortiguadoras.

Los sistemas tampón o buffer consisten en un par ácido-base conjugado que actúan como dador y aceptor de protones respectivamente. Cuando en el medio existe un exceso de H_3O^+ el tampón actúa como base y los acepta y cuando se produce un exceso de OH^- actúa como un ácido liberando protones que lo neutralizan.

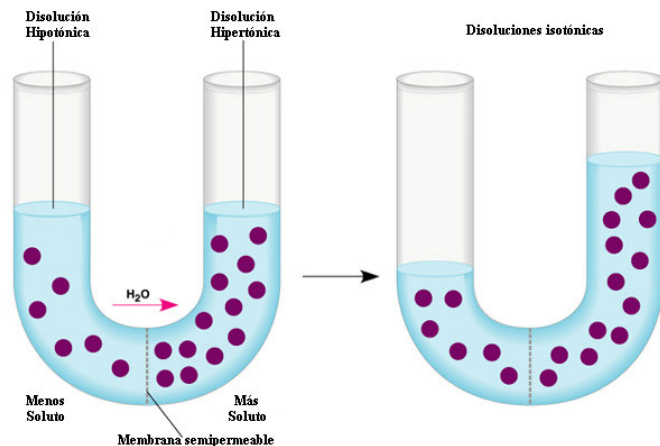
Los pares más importantes que actúan como amortiguadores del pH son:

- El par conjugado ácido-base $\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightarrow \text{HPO}_4^{2-}$. Es el principal tampón celular.
- El par conjugado $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{HCO}_3^-$. Actúa como tampón extracelular. Presenta una particularidad: el exceso de ácido se descompone en CO_2 y agua. El CO_2 es eliminado, gracias a la ventilación pulmonar, mezclado con agua en el plasma sanguíneo.



3.5.1 La ósmosis.

Si tenemos dos disoluciones acuosas de distinta concentración separadas por una membrana semipermeable (deja pasar el disolvente pero no el soluto), se produce el fenómeno de la ósmosis que sería un tipo de difusión pasiva caracterizada por el paso del agua (disolvente) a través de la membrana semipermeable desde la solución más diluida (hipotónica) a la más concentrada (hipertónica), este trasiego continuará hasta que las dos soluciones tengan la misma concentración (isotónicas o isoosmóticas).



3.5.2 La presión osmótica.

Se entiende por presión osmótica la presión que sería necesaria para detener el flujo de agua a través de la membrana semipermeable.

Imagen del fenómeno osmótico.

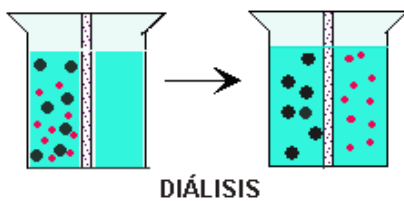
3.5.3 Efectos biológicos de la ósmosis y antagonismo iónico.

Puesto que el medio celular suele tener una concentración diferente de la del entorno, el fenómeno osmótico tiene una especial importancia biológica.

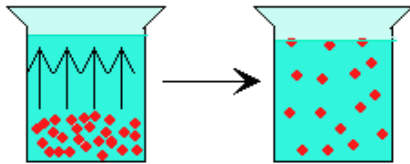
- Si se somete a una célula a agua destilada, si es vegetal se hincha (fenómeno conocido como **turgencia**) y si es animal puede explotar (**hemólisis**).
- Si se introduce una célula en un medio muy concentrado el agua tiende a salir (**plasmólisis**). Esto provoca la deshidratación de la célula e incluso su muerte.

La acción antagonica de los cationes interviene en muchos procesos biológicos. Funciona de la siguiente manera: un catión, generalmente **monovalente**, ejerce una acción que es contrastada por otro **divalente**.

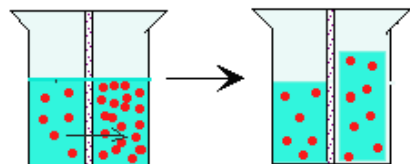
membrana dializadora



DIÁLISIS



DIFUSIÓN



membrana semipermeable **ÓSMOSIS**

3.6 Diálisis, difusión y absorción.

- La diálisis es un proceso que permite separar las partículas **coloidales** de las no coloidales. Este efecto se logra gracias a una membrana cuya permeabilidad únicamente permite el paso de las partículas no coloidales.
- La difusión es el proceso por el que se forma una mezcla homogénea entre dos fluidos, líquido o gas, o entre un fluido y una sustancia sólida.
- La absorción es un proceso por el cual las partículas de una sustancia son atraídas hacia la superficie de un sólido o de una partícula coloidal en suspensión. Esta propiedad depende de la superficie de la sustancia adsorbente; la misma cantidad de sustancia, si está muy dividida, aumenta su capacidad de adsorción al haber aumentado su superficie (no hay que confundir adsorción con absorción, que se refiere a la entrada de una sustancia al interior de otra).

4. GLÚCIDOS

4.1 Concepto y clasificación.

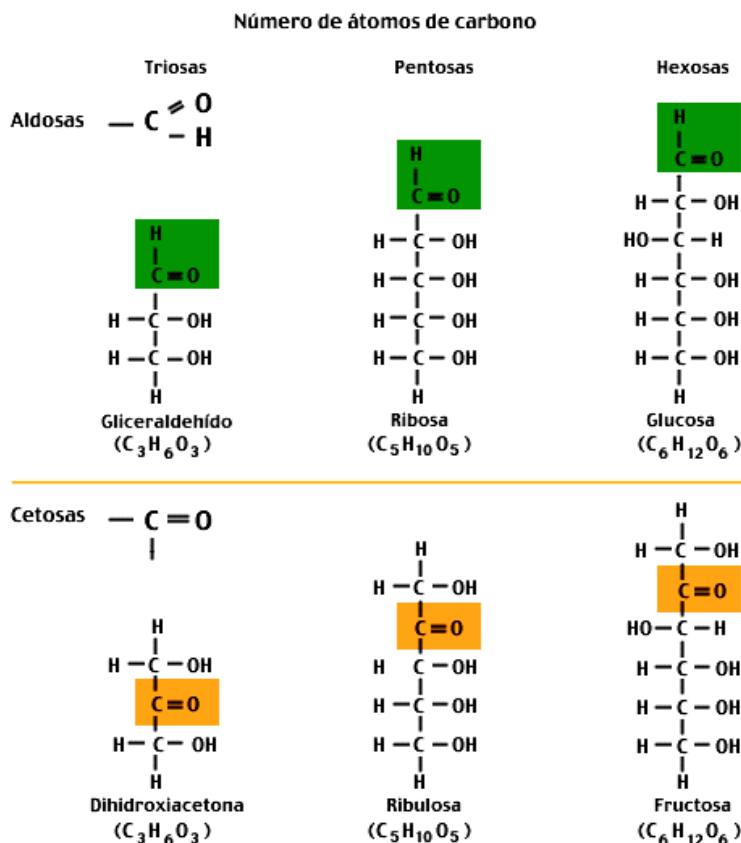
Son compuestos orgánicos formados por Carbono, Hidrógeno y Oxígeno. También pueden ser llamados hidratos de carbono o carbohidratos.

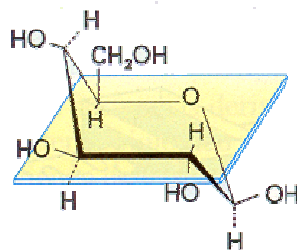
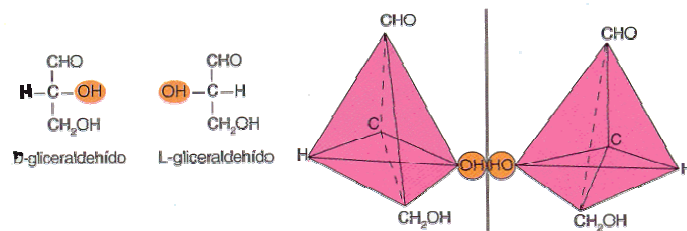
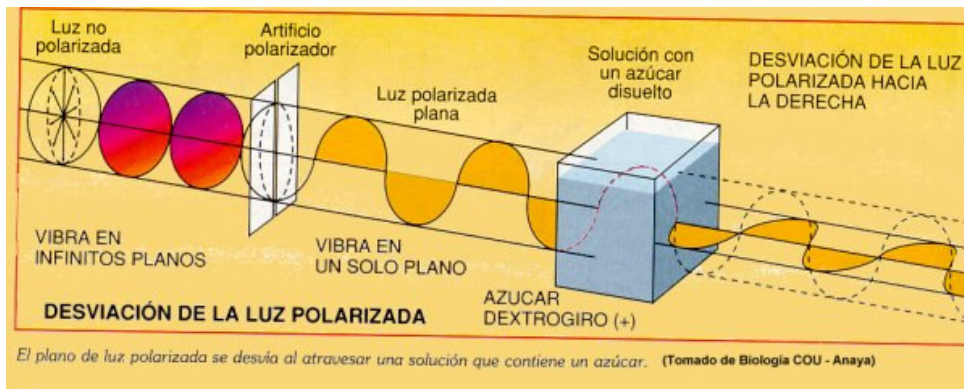
Clasificación:

- **Monosacáridos u osas:** Son los más sencillos y servirán para construir todos los demás.
- **Ósidos:** Son glúcidos más complejos, derivados de las osas.
 - **Holósidos:** Formados enteramente por monosacáridos.
 - **Oligosacáridos:** Formados por entre 2 y 10 monosacáridos.
 - **Polisacáridos:** Formados por más de 10 monosacáridos.
 - **Heterósidos:** Constituidos por monosacáridos y otros tipos de moléculas.

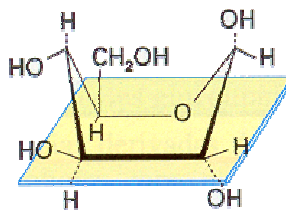
4.2.1 Monosacáridos: estructura y función.

Los monosacáridos siempre contienen un grupo **aldehído** (aldosas) o un grupo cetona (**cetos**), además de dos o más grupos hidroxilo. Pueden tener de dos a ocho átomos de carbono. Estas son las representaciones de Fischer de algunos monosacáridos.





β -D - glucopiranososa en estructura de "silla".
Los extremos de la molécula están en diferentes lados respecto al plano.

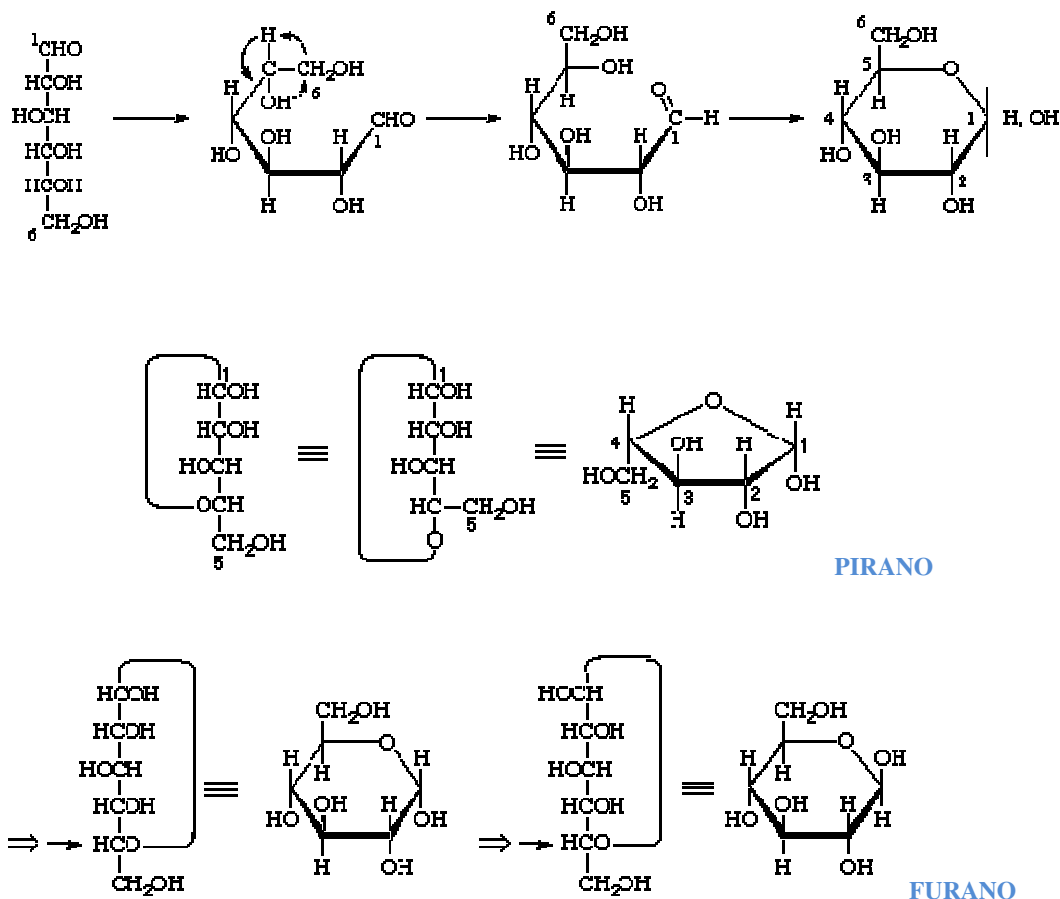


β -D - glucopiranososa en estructura de "nave".
Los extremos de la molécula están en el mismo lado. Es una forma muy inestable.

(Tomado de Biología 2 - Santillana)

FORMACIÓN DE HEMIACETALES Y PROYECCIÓN DE HAWORTH

4.2.2 La forma cíclica de los monosacáridos.



La estructura cíclica, en la glucosa, se origina al reaccionar el grupo aldehído, situado en el primer carbono, con el grupo hidroxilo del quinto carbono, dando lugar a un hemiacetal (resultado de la reacción entre un grupo alcohol y un aldehído). Del mismo modo, en la fructosa, el grupo cetona, situado en el segundo carbono, reacciona con el grupo hidroxilo del quinto carbono para formar un hemiacetal (resultado de la reacción de un grupo alcohol y una cetona). Este anillo de cinco componentes se denomina furanosa por similitud con el *furano*.

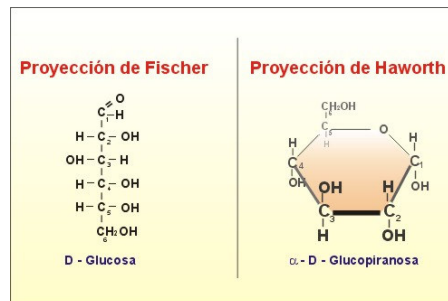
4.2.3 La proyección de Haworth.

Las fórmulas de proyección de Haworth se emplean corrientemente para mostrar las formas cíclicas de los monosacáridos. En esta representación se sitúan hacia abajo todos los grupos situados a la derecha en la forma lineal y hacia arriba los situados hacia la izquierda, exceptuando el grupo OH, implicado en la formación del puente de oxígeno, que sufre una rotación. Esta estructura permite la existencia de dos nuevos estereoisómeros que se denominan *anómeros*, la α -D-glucopiranososa, en la que el grupo OH del primer carbono está situado hacia abajo en la proyección de Haworth, y la β -D-

glucopiranos en que se sitúa hacia arriba. El anillo de **piranos** no es plano, en la mayor parte de los azúcares aparece en la **conformación** de silla, pero en algunos adopta la forma de nave.

En primer lugar tenemos la D-glucosa representada por la proyección de Fischer y su correspondiente proyección de Haworth.

El grupo aldehído del primer carbono se une con el grupo alcohólico del quinto carbono formando así una estructura **hemiacetal**. En el caso de que el grupo funcional fuera, en vez de un aldehído, una cetosa la estructura adoptaría el nombre de **hemicetal**.



4.3 Monosacáridos de interés.

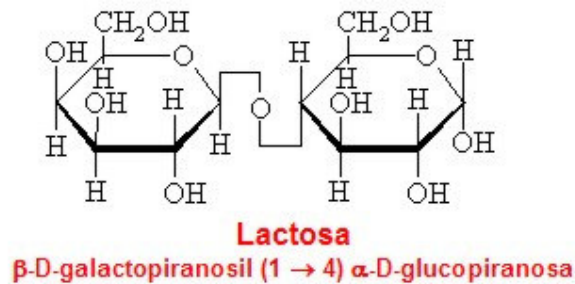
Nº de carbonos	Ejemplos	Función
Triosa	Dihidroxiacetona	Intermediario en el metabolismo celular.
Tetrosa	Eritrosa	Intermediario en el ciclo de fijación del CO ₂ .
Pentosa	Ribosa	Componente de los nucleótidos y ácidos nucleicos.
	Ribulosa Xilulosa	Intervienen en el ciclo de fijación del CO ₂ .
Hexosa	Glucosa Fructosa Galactosa	Combustibles metabólicos de las células
Heptosa	Sedoheptulosa	Intermediario en la fijación de CO ₂ .

4.4 Formación de monosacáridos.

FORMADOS POR:	EJEMPLOS	FUNCIÓN
Reducción	Desoxiazúcares: Desoxirribosa.	Componente de los nucleótidos.
Oxidación	Azúcares ácidos: ácidos glucurónico.	Integra el tejido conjuntivo
Sustitución	Aminoazúcares: glucisamina.	Forma parte del cartílago .

4.5.1 El enlace O-glucosídico.

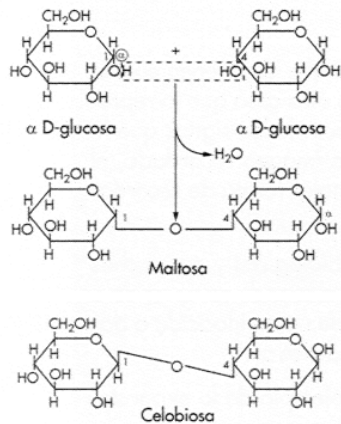
Entre dos unidades de D-glucosa se puede formar un enlace carbonílico entre un grupo OH de un monosacárido y uno de los grupos alcohólicos del otro. Como consecuencia se producirá una molécula de agua y el átomo de oxígeno unirá como puente los carbonos. El enlace se denomina **O-glucosídico** y es el tipo de enlace de todas las uniones de monosacáridos. El enlace se indica mediante un paréntesis. Ej.: (1→4, enlace entre el carbono 1 y 4).



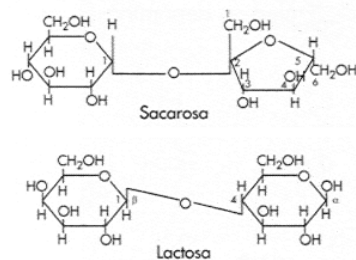
4.5.2 Disacáridos: los oligosacáridos más abundantes.

Los disacáridos son el resultado de la unión de dos monosacáridos mediante un enlace **O-glucosídico**.

- La maltosa se forma con dos unidades de glucosa unidas mediante un enlace (1→4).
- La celobiosa es el resultado de la unión de dos moléculas de D-glucosa mediante un enlace (1→4).



- La sacarosa es un producto de la fotosíntesis que está permanente en la savia elaborada de las plantas. Es el azúcar común conocido por su sabor dulce. La sacarosa está formada por D-glucosa y D-fructosa unidas por un enlace glucosídico.
- Lactosa esta formada por D- galactosa y D-glucosa.



4.5.3 Otros oligosacáridos.

Los oligosacáridos constituidos entre 2 y 10 monosacáridos apenas se encontraran de forma libre. Los fructosanos formados por glucosa y unidades de fructosa son oligosacáridos libres. Se encuentran en las plantas como sustancias de reservas.

Los oligosacáridos unidos a proteínas (peptidoglucanos) tienen como componentes a

monosacáridos como glucosalina o la galactosamina.

4.5.4 Nomenclatura de los disacáridos.

La nomenclatura de los disacáridos, está basada en unos sufijos (-osil, -osa, ósido) que nos indican que tipo de unión:

- **-osil:** se utiliza en el caso del primer azúcar unido por el carbono carbonílico el que lleva el OH hemiacetálico.
- **-osa:** cuando el otro azúcar está unido por un grupo alcohol.
- **-ósido:** cuando el segundo azúcar se une por el carbono carbonílico.

Ejemplos:

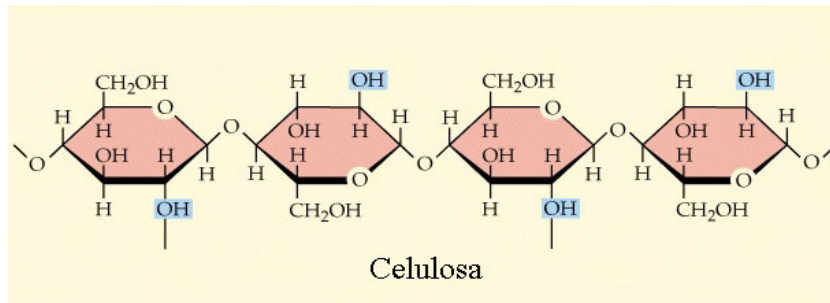
- **Lactosa:** está formada por la unión del carbono -1 (carbonílico) de una molécula de D-galactosa con el carbono -4 (-OH alcohólico).
- **Sacarosa:** está formada por la unión del carbono -1 (carbonílico) de una molécula de D-glucosa con el carbono -2 de una molécula de D-fructosa.
- **Maltosa:** D-glucopiranosil (1 > 4) D-glucopiranososa. Se obtiene de la **hidrólisis** del almidón y del glucógeno.
- **Celobiosa:** D-glucopiranosil (1 > 4) D-glucopiranososa, y procede de la celulosa por hidrólisis.

4.6.1 Clasificación de los polisacáridos.

Los polisacáridos son los glúcidos más abundantes en los organismos vivos. Se clasifican por su estructura y su función:

1. **Homopolisacáridos:** constituidos por un solo tipo de monosacáridos.
2. **Heteropolisacáridos:** constituidos por dos o más monosacáridos. Son compuestos mixtos en los que se hallan unidos moléculas de distintos tipos: glúcidos, lípidos y proteínas. Hay dos tipos de compuestos mixtos:
 - A) Los **proteoglucanos:** En los que los polisacáridos llevan el mayor peso, entre los que destacan los ya mucopolisacáridos y los peptidoglucanos.
 - B) Las **glucoproteínas:** Son las formas proteicas que realizan funciones extracelulares, algunas son hormonas, otras circulan por el plasma, etc. Las más estudiadas son las que forman parte de la membrana celular. Tienen carácter antigénico, determinan la duración y el envejecimiento de las sustancias y moléculas y las células del mismo tipo o tejido se reconocen gracias a ellas. En definitiva las glucoproteínas de la membrana son las marcas de identidad de las células.
3. **Polisacáridos estructurales:** forman paredes celulares, exoesqueletos, cubiertas,... Por ejemplo, celulosa constituye las paredes de las células vegetales. Una estructura extendida, que forma las resistentes fibras de las paredes de las células vegetales.

Algunos animales (moluscos, coleópteros, herbívoros) poseen enzimas amilasas capaces de digerir la celulosa, otros pueden **hidrolizar** el almidón y obtener glucosa pero no pueden digerir la celulosa (humanos).

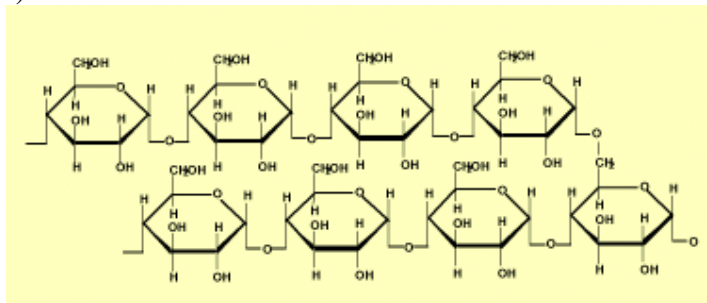


La celulosa es un polímero de moléculas de B-D-glucosa, unidas por enlaces B (1-4).

En esta molécula se pueden dar asociaciones de las cadenas paralelas a través de enlaces por puente de hidrógeno, de esta manera la pared celular de las células vegetales se hace mucho más resistente. Algunos rumiantes poseen amilasa (un enzima) capaz de romper los enlaces O-glucosídicos de los polisacáridos; de tal manera que estos organismos son capaces de alimentarse de hierbas (en realidad son los microorganismos presentes en el sistema digestivo de los rumiantes, insectos y moluscos los que son capaces de sintetizar la celulosa).

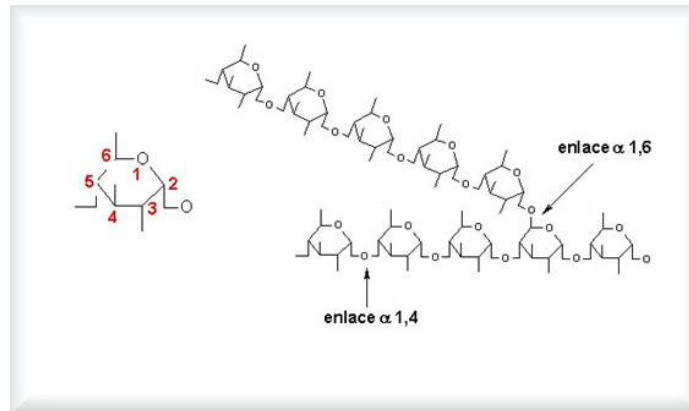
4. Polisacáridos de reserva: constituyen formas de almacén y obtención de energía. El almidón es un **polímero** de D-glucosa, que presenta estructuras distintas:

- **Amilasa:** cadena lineal de -D-glucosa unidas mediante enlace (1→4).
- **Amilopectina:** cadena ramificada. Las ramificaciones parten de enlaces (1→6).



El almidón es el polisacárido de reserva que está en las células vegetales. De su hidrólisis enzimática se obtiene una pequeña proporción de maltosa, unidades de glucosa las cuales se degradan para la obtención de energía.

El polisacárido de reserva en los animales es el **glucógeno**. Su estructura es semejante a la de la amilopectina. Es muy abundante en el hígado. Las bacterias y las levaduras poseen otros polisacáridos de reserva, los dextranos.



Glucógeno

4.6.2 Otros ejemplos de polisacáridos.

En los vegetales podemos encontrar:

- **Hemicelulosas:** forma parte de las paredes de las células vegetales.
- **Pectina:** también son componentes de las paredes celulares.
- **Agar-agar:** algunos restos unidos a ácido sulfúrico. Se extrae de las algas rojas. (algas del género Gelidium).
- **Goma arábiga:** tiene función defensiva frente a heridas o golpes. Se utiliza como adhesivo.

En los animales encontramos:

- **Quitina:** componente fundamental del exoesqueleto de los artrópodos y de la pared celular de los hongos.
- **Mucopolisacárido:** Presenta un carácter ácido, están unido a proteínas y están presente en los tejidos conectivos.
- **Ácido hialurónico:** Componente del tejido conjuntivo, del *líquido sinovial* de la articulación y de la cubierta del óvulo
- **Condroitina:** Se encuentra en el tejido cartilaginoso
- **Heparina:** Lo producen ciertos tejidos y la incorporan a la sangre. Tiene propiedades anticoagulantes

4.7 Resumen de los principales glúcidos y sus funciones biológicas.

FUNCIONES DE LOS PRINCIPALES GLÚCIDOS

	Glúcidos	Función y lugar donde se encuentran
Monosacáridos	Gliceraldehído y Dihidroxiacetona	Intermediarios metabólicos (citósol).
	Ribosa	Componente de nucleótidos y ácidos nucleicos.
	Glucosa	Combustible metabólico (citósol).
Disacáridos	Sacarosa	Forma de transporte de azúcares (savia elaborada de las plantas).
	Lactosa	Azúcar de la leche (leche de los mamíferos).
Homopolisacáridos	Almidón	Reserva de combustible (energía), (vegetales).
	Glucógeno	Reserva de combustible (Animales [hígado y músculo]).
	Celulosa	Estructural (pared de células vegetales).
	Quitina	Estructural (exosqueleto de artrópodos).
	Hemicelulosa, pectinas	Estructural (pared de células vegetales).
Heteropolisacáridos	Goma arábiga	Defensa frente a golpes o heridas de los vegetales.
	Ácido hialurónico	Mucopolisacárido componente del tejido conjuntivo, líquido sinovial y de la cubierta del óvulo.
	Condrotina	Mucopolisacárido componente del tejido cartilaginoso.
	Heparina	Mucopolisacárido con propiedades anticoagulantes.
	Agar-Agar	Estructural y como nutriente en cultivos bacterianos.
Heterósidos	Proteoglucanos	Estructural (paredes, membranas celulares).
	Glucoproteínas	Estructuras de tejidos diversos.

5. LÍPIDOS

5.1 Concepto y cualidades.

Los lípidos son un conjunto de moléculas orgánicas (principio inmediato orgánico) que están presentes en todos los seres vivos, formados por largas **cadena hidrocarbonadas**. Están compuestos por C, H, O, aunque algunos contienen además N, P, S. Son heterogéneos, pero tienen unas propiedades Físico-Químicas y unas funciones biológicas comunes.

Propiedades Físico-Químicas:

- Insolubles en H₂O.
- Solubles en disoluciones orgánicas **apolares** como el benceno, éter, etc.
- Son **hidrófobas** porque sus cadenas hidrocarbonadas carecen de polaridad.
- Poder reductor, ya que la energía química puede extraerse por **oxidación**.

Funciones biológicas:

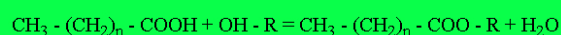
- Función estructural: La cadena hidrocarbonada que es hidrófoba está unida a grupos polares (**hidrófilos**) como los alcoholes, etc. Son la base estructural de las membranas celulares. Es uno de los compuestos estructurales más importante de los seres vivos.
- Función protectora: Gracias al carácter hidrófobo forman unos recubrimientos protectores de hojas, exoesqueletos, etc.
- Función energética: Actúan como almacén de reserva energética de todos los seres vivos y tienen buenas formas de transporte de energía.
- Función térmica: Ya que son aislantes térmicos, es decir, malos conductores del calor. Son eficaces en la piel de muchos animales.
- Algunos son pigmentos fotosintéticos, porque absorben la energía de la luz, como carotenoides y xantofilas.
- Algunos son hormonas o vitaminas.

5.2 Clasificación según saponificación.

- 1-Los saponificables: forman jabones en una reacción de saponificación.
- 2-Los insaponificables: no dan la reacción de saponificación.

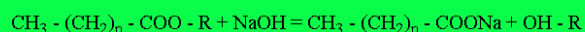
Reacción de esterificación

Ácido Graso + Alcohol = Éster + Agua



Reacción de saponificación

Éster + Hidróxido alcalino = Jabón + Alcohol



Reacción de Saponificación	Tipos de lípidos	Función
Hidrolizables o saponificables. Contienen ácidos grasos y forman jabones sometidos a hidrólisis alcalina en la reacción de saponificación.	Grasas neutras o acilglicéridos.	Reserva, aislamiento y protección.
	Ceras.	
	Fosfolípidos (fosfoacilglicéridos y esfingolípidos).	Constituyentes esenciales de las membranas celulares.
	Glucolípidos (gangliósidos y cerebrósidos).	
No hidrolizables o insaponificables.	Terpenos.	Funciones diversas.
	Esteroides.	

Dependiendo de si son saponificables o no se clasifican en la tabla que vemos aquí arriba.

5.3.1 Los ácidos grasos.

Los ácidos grasos son la unidad básica estructural de los lípidos saponificables, no se encuentran libres en la naturaleza sino esterificados.

Los ácidos grasos son ácidos orgánicos formados por una cadena **alifática** hidrocarbonada larga con un grupo carboxilo en su extremo, cuya fórmula general podría ser $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_n - \text{COOH}$. Donde “n” es un número par de carbonos entre 14 a 22.

5.3.2 Propiedades de los ácidos grasos.

❖ Propiedades químicas de los ácidos grasos.

Se comportan como ácidos moderadamente fuertes, lo que les permite realizar reacciones de:

Esterificación: un ácido graso se une a un alcohol mediante enlace covalente, formando un éster y liberando moléculas de agua. Mediante hidrólisis el éster se rompe y da lugar de nuevo al ácido graso y al alcohol.

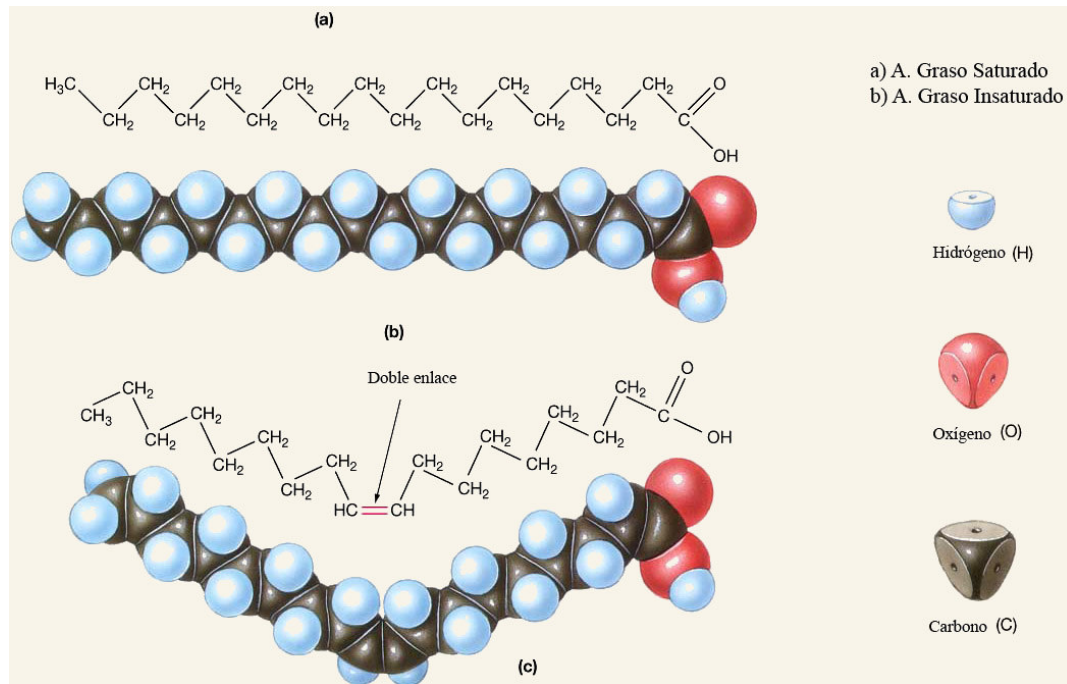
Saponificación: Reaccionan con **álcalis** o bases y da lugar a una sal de ácido graso denominada jabón.

❖ Propiedades físicas de los ácidos grasos.

Solubilidad: Los ácidos de 4 o 6 carbonos son solubles en agua, pero a partir de 8 carbonos son prácticamente insolubles en agua. Esto se debe a que, a diferencia de los jabones, su grupo carboxilo se ioniza muy poco y por tanto su polo hidrófilo es muy débil.

Punto de fusión: depende de la longitud de la cadena carbonada y la presencia de enlaces dobles. Cuanto mas larga es la cadena carbonada mas alta es la temperatura de fusión, debido a que aumenta el número de enlaces de Van der Waals y por ello necesita mucha

energía para romperlos. La presencia de dobles enlaces disminuye la temperatura de fusión porque se producen inclinaciones que dificultan la formación de enlaces de Van der Waals.



Esquema de la estructura de ácidos grasos.

5.3.3 Clasificación de los ácidos grasos.

Por las propiedades físico-químicas, biológicas, los ácidos grasos se pueden dividir en dos grupos:

- **Ácidos grasos saturados.** Son aquellos cuya cadena hidrocarbonada no posee ninguna insaturación es decir ningún doble enlace. Poseen punto de fusión altos y forman parte de las grasas sólidas a temperatura fisiológica. Lo mas importantes son: **laúrico, palmítico y esteárico.**
- **Ácidos grasos insaturados.** Están formado por una cadena hidrocarbonada que posee uno o varios enlaces dobles. Punto de fusión bajos y suelen formar grasas líquidas como los aceites. Son más abundantes que los saturados y se encuentran tanto en animales como en vegetales, pero especialmente en estos últimos. Los mas importantes son: **palmitoleico, oleico, linoleico y araquidónico.**

Algunos ácidos grasos no pueden ser sintetizados por el organismo, pero desempeñan una importante función, como el linoleico, el linolénico o el araquidónico que son necesarios para la síntesis de las prostaglandinas, por lo que deben ser incorporados con la dieta. Son los **ácidos grasos esenciales.**

5.3.4 Ejemplo de función biológica de un ácido graso.

Ácido araquidónico es un ácido graso poliinsaturado que presentan gran interés ya que es precursor de moléculas denominadas “hormonas locales”, que no se producen en glándulas especializadas ni son transportadas por el medio interno, sin embargo son reguladoras de actividades metabólicas.

Entre estos compuestos encontramos las **prostaglandinas**, **tromboxanos** y **prostaciclina**.

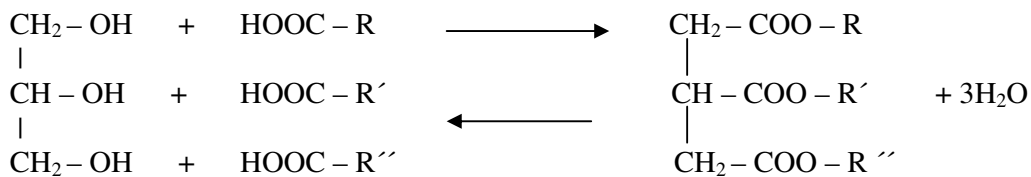
Las prostaglandinas tienen funciones muy diversas y relacionadas con las inflamaciones: regulan el flujo sanguíneo local por vasodilatación, producen **edema**, inflamación, rubor y dolor. También inducen el sueño y afectan la musculatura lisa provocando su contracción.

Los tromboxanos intervienen cuando se produce una herida, en la formación del coágulo y en la agregación de plaquetas, mientras que las prostaciclina tienen un efecto antagónico.

5.4 Triacilglicéridos.

Constituyen las grasa naturales. En el proceso de esterificación puede que los grupos alcohólicos de tres ácidos grasos y un glicerol se unan formando un enlace covalente y dando como resultado tres moléculas de agua y un triacilglicérido.

Este sería el esquema:



GLICEROL

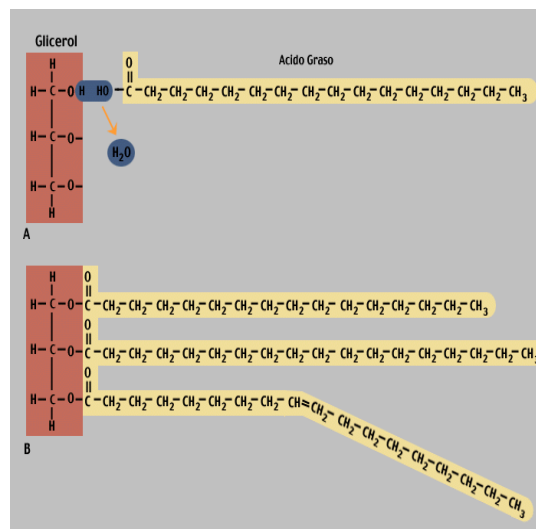
ÁCIDOS GRASOS

TRIACILGLICÉRIDOS

Dependiendo de cómo sean sus ácidos grasos pueden ser de dos tipos:

- Simples: Están compuestos por tres ácidos grasos iguales.
- Mixtos: Si tiene algún ácido graso diferente.

Los **triacilglicéridos** forman lo que denominamos aceites, al ser insaturados aparecen líquidos a temperatura ambiente. Cuando son saturados se presentan en estado sólido a temperatura ambiente y el punto de fusión se eleva a más de 60°C y se forma lo que denominamos sebo. Si el punto de fusión es más bajo de 60°C la grasa sería semisólida y se denomina manteca.



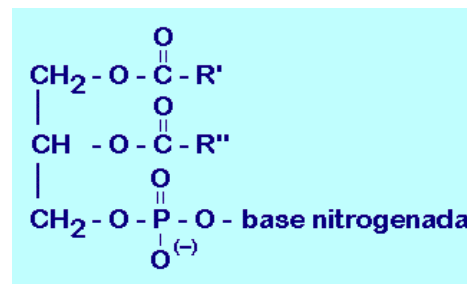
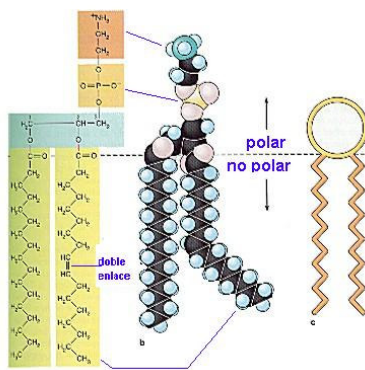
En los alimentos que normalmente consumimos nos encontramos con una combinación de ácidos grasos saturados e insaturados. Los saturados son los más difíciles de utilizar por el organismo, sus posibilidades de combinarse con otras moléculas están limitados por tener sus puntos de enlace saturados. Esto hace que sea difícil romper sus moléculas en otras más pequeñas que atraviesan las paredes de los capilares sanguíneos y las membranas celulares. Por eso, en determinadas ocasiones pueden acumularse y formar placas en el interior de las arterias.

5.5 Fosfolípidos: estructura, clasificación y funciones.

Son lípidos que tienen un glicerol unido a dos ácidos grasos y el tercero a un ácido fosfórico. Según su composición pueden diferenciarse dos grupos:

Los fosfoglicéridos: Son ésteres de ácidos grasos, glicerina, ácido fosfórico y un resto de alcohol. El compuesto más sencillo de este grupo es el ácido fosfatídico, en el cual el **fosfato** no está unido a ningún otro compuesto.

Los fosfoacilglicéridos: Los más importantes son: fosfatidilcolina (también llamada lecitina), fosfatidiletanolamina, fosfatidilserina, fosfatidilinositol y cardiolipina.



Fórmula general de los fosfolípidos.

Los fosfolípidos en las membranas celulares juegan un papel muy importante, ya que controlan la transferencia de sustancias hacia el interior o exterior de la célula. Una de las características de los fosfolípidos es que una parte de su estructura es soluble en agua (hidrofílica), mientras que la otra, es soluble en lípidos (hidrofóbica). La parte hidrofílica es en la que se encuentra el aminoalcohol o **base nitrogenada**. Esta característica estructural hace posible que los fosfolípidos participen en el intercambio de sustancias entre un sistema acuoso y un sistema lipídico, separando y aislando a los dos sistemas, a la vez que los mantiene juntos.

5.6 Las ceras.

Son los compuestos resultantes de la unión mediante enlace éster de un ácido graso de cadena larga (14 a 36 átomos de carbono) con un alcohol de cadena larga (entre 14 y 30 átomos de carbono); este alcohol se denomina alifático o graso (no tiene dobles ni triples enlaces). Son sustancias fuertemente hidrófobas y las segregan las **glándulas sebáceas** para proteger la piel o las plumas.

La cera de abeja está formada por ésteres del ácido palmítico con un alcohol de cadena larga denominado miricilo (palmitato de miricilo).

5.7 Lípidos no saponificables.

Este tipo de lípidos que no pueden esterificarse y por tanto no son saponificables se dividen a su vez en dos tipos de grupos:

Terpenos:

Los terpenos forman una amplísima y muy diversa familia de sustancias naturales. Producidos de manera primaria por una gran variedad de plantas, particularmente las coníferas y algunos insectos. Son los mayores componentes de la resina y del aguarras.

El nombre terpeno es derivado de la palabra turpentina (aguarras). Cuando los terpenos son modificados químicamente ya sea por oxidación o reacomodo del esqueleto de carbón los compuestos resultantes son referidos generalmente como Terpenoides, algunos autores usan invariablemente el termino terpeno para incluir a todos los terpenoides. Terpenos y terpenoides son los principales constituyentes de los aceites esenciales, de muchos tipos de plantas y flores. Los aceites esenciales son usados ampliamente como aditivos en la comida, en las fragancias en perfumería, en aroma-terapia y en medicina tradicional y alternativa.

Variaciones sintéticas derivadas de terpenos y terpenoides naturales han expandido enormemente la variedad de aromas usadas en perfumería y saborizantes usados en los alimentos.

Tradicionalmente se han considerado derivadas del 2-metil-butadieno más conocido como isopreno. Esta llamada «regla del isopreno» ha permitido clasificarlos y estudiarlos, pero realmente los terpenos no derivan del isopreno ya que éste nunca se ha encontrado como producto natural. El verdadero precursor de los terpenos es el ácido mevalónico, el cual proviene del acetyl coenzima A.

En cualquier caso la división de la estructura de los terpenos en unidades de isopreno es útil y pragmática y se emplea con mucha asiduidad. Siguiendo esta regla los terpenos se clasifican en:

- **Hemiterpenos** Consisten de una sencilla unidad de isopreno. El isopreno en si es considerado el único hemiterpeno, pero derivados que contienen oxígeno tales como el prenol y el ácido isovalérico son hemiterpenoides
- **Monoterpenos:** Consisten en 2 unidades isopreno y tienen la fórmula molecular $C_{10}H_{16}$. El alcohol monoterpenico es también conocido como Geraniol, El prefijo Geranil indica dos unidades isopreno
- **Sesquiterpenos:** Consisten en tres unidades isopreno y tienen la fórmula molecular $C_{15}H_{24}$. El alcohol sesquiterpenico es también conocido como Farnesol, el prefijo farnesil indica tres unidades isopreno
- **Diterpenos:** Están compuestos por 4 unidades isopreno teniendo la fórmula molecular $C_{20}H_{32}$. Derivan del geranilgeranil pirofosfato. Ejemplos de diterpenos son el cembreño y el taxadieno. Los diterpenos forman base de importantes compuestos biológicos tales como el retinol, retinal, y el fitol.
- **Sesterterpenos**, terpenos que tienen 25 carbonos y 5 unidades isopreno son raros en relación a otros tamaños.
- **Triterpenos** consisten de 6 unidades y tienen la fórmula molecular $C_{30}H_{48}$. El triterpeno lineal escualeno es el mayor constituyente del Aceite de Hígado de Tiburón, es derivado de la unión reductiva de dos moléculas de farnesilpirofosfato. El Escualeno es procesado Biosintéticamente para generar Lanosterol, el precursor estructural para todos los esteroides
- **Tetraterpenos** contienen ocho unidades isopreno y tienen la fórmula molecular $C_{40}H_{56}$. Biológicamente importantes los tetraterpenos incluyen al acíclico licopeno, el monocíclico gamma-caroteno y al bicíclico alfa- y beta-caroteno
- **Politerpenos** Consisten en largas cadenas de muchas unidades isopreno. El hule natural está constituido de poli-isopreno en el cual el doble enlace es *cis*. Algunas plantas producen un tipo de poli-isopreno con doble *enlace trans*, conocido como gutapercha.

Esteroides.

Los **esteroides** son derivados del núcleo del ciclopentanoperhidrofenantreno; un ejemplo conocido es el **colesterol**.

En los mamíferos como el ser humano, cumplen importantes funciones:

- **Estructural:** el colesterol es un esteroide que forma la estructura de las membranas de las células junto con los fosfolípidos. Además, a partir del colesterol se sintetizan los demás esteroides.
- **Hormonal:** las hormonas esteroides son:
 - **Corticoides:** glucocorticoides y mineralocorticoides. Existen múltiples fármacos con actividad corticoide, como la prednisona.
 - **Hormonas sexuales masculinas:** son los andrógenos como la testosterona y sus derivados, los anabolizantes androgénicos esteroides; estos últimos llamados simplemente **esteroides**.
 - **Hormonas sexuales femeninas.**
 - **Vitamina D y sus derivados.**

Las hormonas esteroides tienen en común que:

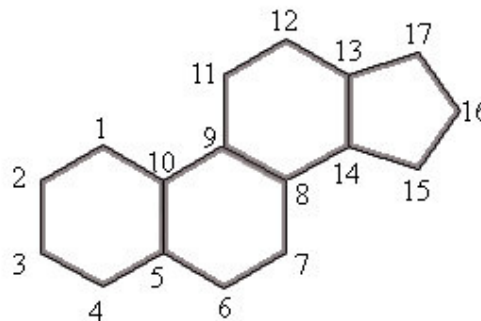
- Se sintetizan a partir del colesterol.
- Son hormonas lipófilas que atraviesan libremente la membrana plasmática, se unen a un receptor citoplasmático, y este complejo receptor-hormona tiene su lugar de acción en el ADN del núcleo celular, activando genes o **modulando** la transcripción del ADN.

Entre los esteroides se pueden destacar los esteroides.

Todas las hormonas esteroides se sintetizan a partir de la pregnenolona, un derivado del colesterol. Las hormonas esteroides contienen 21 o más átomos de carbono. El primer paso de la síntesis de la hormona es la transformación del carbono 6 del anillo de colesterol. La enzima desmolasa hidroliza los enlaces C-20 y C-22. Se consumen tres moléculas de oxígeno y se oxidan 3 moléculas de NADPH para la conversión de colesterol en pregnenolona. La hormona adrenocorticotropina estimula esta conversión.



Árbol de la Gutapercha.



Núcleo de ciclopentanoperhidrofenantreno de los Esteroides.

6. PROTEÍNAS

6.1 Concepto e importancia biológica.

Las proteínas son moléculas muy abundantes en los seres vivos, básicamente se componen de carbono, oxígeno, hidrógeno y **nitrógeno**. Suponen el 50% del peso en seco (deshidratado) de las células.

La importancia de estas biomoléculas **estriba** en las variadas funciones biológicas que desempeñan: moléculas estructurales, transporte de moléculas, movimiento, regulación hormonal y sobre todo destacan como sustancias catalizadoras de reacciones metabólicas destinadas a la síntesis o degradación de **sustratos** bioquímicos.

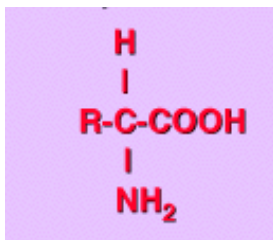
Las proteínas (**polipéptidos**) son polímeros de unas unidades denominadas **aminoácidos**.

6.2 Nomenclatura de las estructuras formadas por aminoácidos.

Denominación	Nº de aminoácidos
Oligopéptido	2 - 10
Polipéptido	10 - 50
Proteína	> 50

6.3.1 Aminoácidos y enlace peptídico.

Los aminoácidos son moléculas que poseen en su estructura un grupo amino ($-\text{NH}_2$) y un grupo carboxilo ($-\text{COOH}$), este último grupo es siempre terminal, sin embargo el grupo amino puede ocupar distintas posiciones.



α aminoácido.

Existen 20 tipos de aminoácidos α distintos, entre ellos se distinguen por el grupo unido al carbono α (**Grupo R o cadena lateral**), en la naturaleza se han encontrado otros 150 aminoácidos que no forman parte de las proteínas y que desempeñan funciones propias (neurotransmisores, precursores de vitaminas, etc.)

6.3.2 Las propiedades de los aminoácidos, derivan de su estructura química.

1- Carácter **anfótero**. Los aminoácidos se comportan como ácido o como base dependiendo del pH del medio donde se encuentren. Pueden desprender H^+ (Ácido) debido al grupo carboxilo, o bien pueden aceptar H^+ (Base) debido al grupo amino NH_2 . Dependiendo del pH de los medios biológicos los grupos carboxilo y amonio se ionizan y así aparecen los aminoácidos como iones dobles (**Zwitterion**).

2- Estereoisomería. Puesto que el carbono α es asimétrico existen dos estereoisómeros (forma D y L), en la forma D el NH_2 está a la derecha y en la forma L está a la izquierda, siempre que consideremos la forma plana.

6.3.3 Clasificación de los aminoácidos.

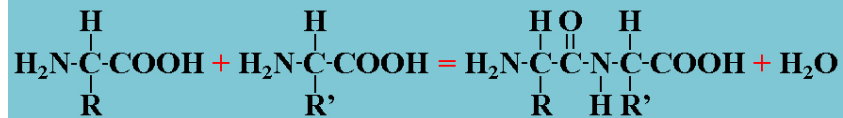
$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{HN}-\text{C}-\text{H} \\ \\ 2\text{HC} \\ \\ \text{CH}_2 \end{array}$	APOLARES	
Alanine	Valine	Leucine	Isoleucine	Proline		
$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{S} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4-\text{NH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{OH} \end{array}$		POLARES
Methionine	Phenylalanine	Tryptophan	Glycine	Serine		
$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{HC}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{SH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{O}^- \text{NH}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{O}^- \text{NH}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4-\text{OH} \end{array}$		
Threonine	Cysteine	Asparagine	Glutamine	Tyrosine		
$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{O}^- \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{O}^- \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{C} \\ \\ 2\text{HN}^+ \text{NH}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{HC}=\text{C} \\ \quad \\ \text{NH} \quad \text{NH} \\ \\ \text{H} \end{array}$		
Aspartic Acid	Glutamic Acid	Lysine	Arginine	Histidine		
ÁCIDOS		BÁSICOS				

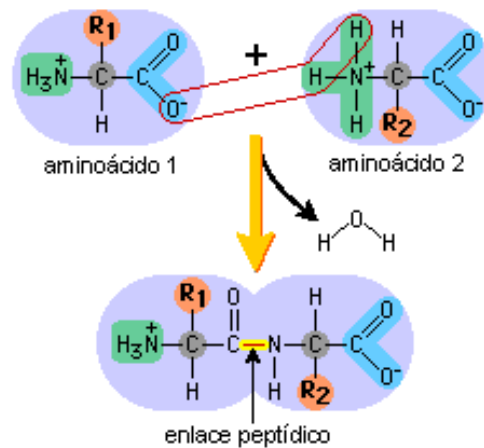
ÁCIDOS

BÁSICOS

6.3.4 El enlace peptídico.

Cuando el grupo amino de un aminoácido interactúa con el grupo carboxilo de otro, ambos aminoácidos quedan unidos formando un **dipéptido** y se libera una molécula de agua. Este enlace (una amida) es covalente y por lo tanto bastante rígido.





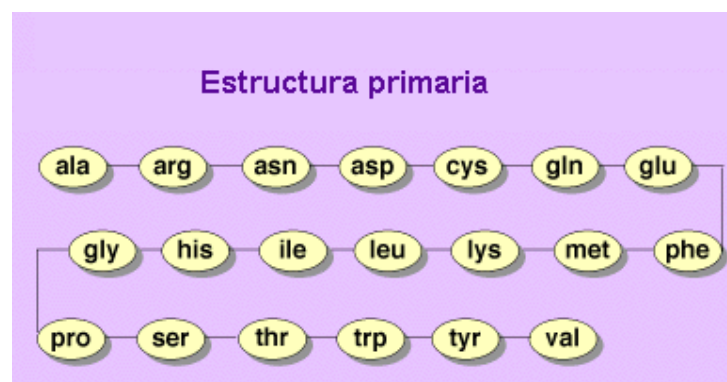
- El enlace peptídico tiene un comportamiento similar al de un enlace doble, es decir, presenta una cierta rigidez que inmoviliza en un plano los átomos que lo forman.
- Observa que el dipéptido así construido sigue presentando un grupo carboxílico y un grupo amino, por lo tanto pueden seguir aumentando la longitud de la cadena incorporando nuevos aminoácidos y formando un polipéptido.
- El enlace peptídico puede hidrolizarse y separar los correspondientes aminoácidos.
- Los radicales presentes en cada aminoácido no forman parte del enlace peptídico, quedando expuesto fuera del plano del enlace entre cada dos aminoácidos.

6.4.1 Estructuras de las proteínas.

La organización de una proteína viene definida por cuatro niveles estructurales denominadas: estructura primaria, estructura secundaria, estructura terciaria y estructura cuaternaria. Cada una de estas estructuras informa de la disposición de la anterior en el espacio.

6.4.2 Estructura primaria.

La estructura primaria es la secuencia de aminoácidos de la proteína. Nos indica qué aminoácidos componen la cadena polipeptídica y el orden en que dichos aminoácidos se encuentran. La función de una proteína depende de su secuencia y de la forma que ésta adopte.



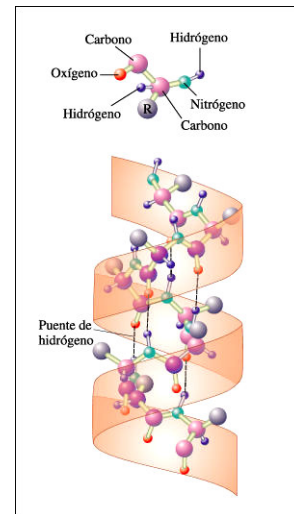
6.4.3 Estructura secundaria.

La estructura secundaria es la disposición de la secuencia de aminoácidos en el espacio. Los aminoácidos, a medida que van siendo enlazados durante la **síntesis de proteínas** y gracias a la capacidad de giro de sus enlaces, adquieren una disposición espacial más estable, la estructura secundaria. Hay tres tipos de estructura secundaria:

Estructura alfa (hélice):

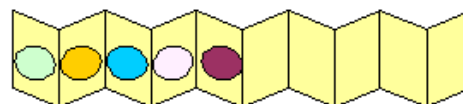
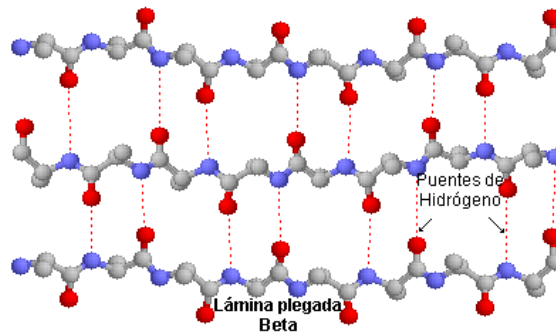
Linus Pauling y Robert Corey en 1940 estudiaron los aminoácidos por difracción de los rayos X, permitiéndoles comprender la estructura del enlace peptídico. La denominaron forma alfa porque fue la primera que descubrieron.

Esta estructura se forma al enrollarse helicoidalmente sobre sí misma la estructura primaria. Se debe a la formación de enlaces por puente de hidrógeno entre el **-C=O de un aminoácido y el -NH- del cuarto aminoácido que le sigue**. Imagina que la cadena de aminoácidos es como una cinta que se enrolla sobre un cilindro en el sentido de las agujas del reloj y que tiene 3,6 aminoácidos por vuelta.



Estructura beta (laminar):

Se conoce como estructura β porque fue la segunda estructura que encontraron Pauling y Corey estudiando β -queratina; en este caso no se observa una estructura en hélice sino un plegamiento en zig-zag que se origina cuando se acoplan segmentos de la misma cadenas polipeptídicas o de distintas cadenas. Se unen por P. de hidrógeno transversales y los grupos R de los



Un feuillet plissé β (bêta)



et sa représentation schématique

© Georges Dolisi

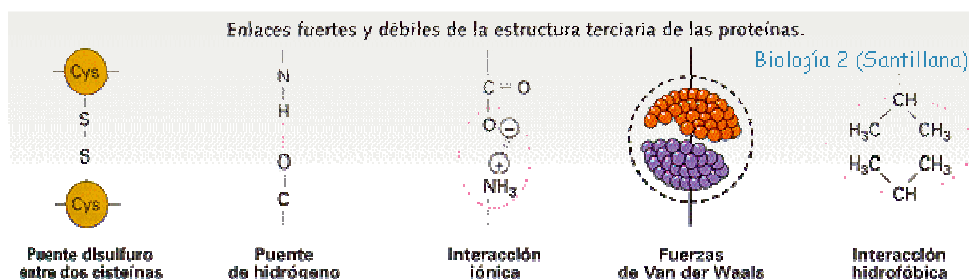
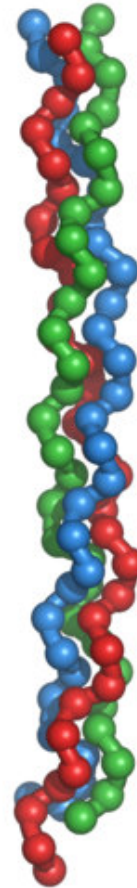
6.4.4 Estructura terciaria.

Cuando varias cadenas polipeptídicas se asocian gracias a sus radicales R forman un conjunto de plegamientos que se denominan estructura terciaria. De esta estructura depende el funcionamiento de una proteína, por lo cual si pierde su ordenamiento espacial (*configuración*) puede perder sus propiedades.

Recuerda: que el término *conformación* alude a la disposición de los grupos sustituyentes respecto a los rígidos dobles enlaces.

Los enlaces pueden ser de cuatro tipos distintos:

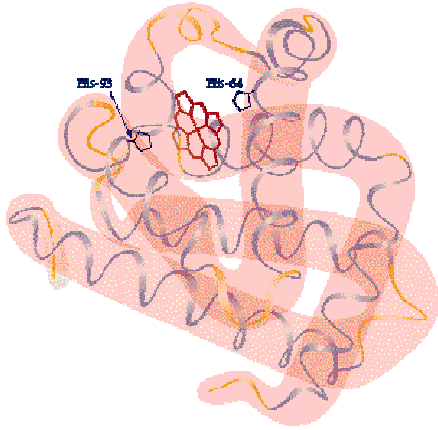
- Puentes de hidrógeno: Se establecen tres grupos polares no iónicos.
- Puentes disulfuro: Constituyen enlaces covalentes entre dos grupos –SH pertenecientes al aminoácido Cisteína.
- Fuerzas electroestáticas: Enlaces iónicos entre grupos atómicos de carga eléctrica opuesta.
- Fuerzas de Van der Waals: Se producen entre aminoácidos apolares.



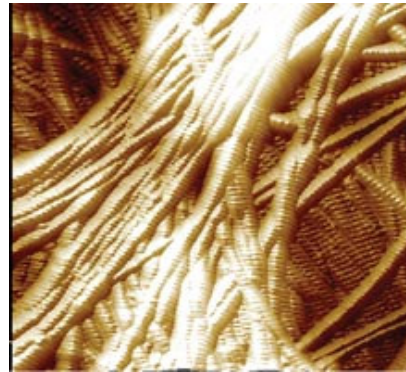
La estructura terciaria se divide a su vez en dos tipos:

1. Globulares:

Muchas proteínas tienen estructuras terciarias globulares caracterizadas por ser solubles en disoluciones acuosas, como la mioglobina o muchos enzimas.



Estructura globular



Estructura filamentosa

2. Filamentosas:

Sin embargo, no todas las proteínas llegan a formar estructuras terciarias. En estos casos mantienen su estructura secundaria alargada dando lugar a las llamadas proteínas filamentosas, **que son insolubles en agua** y disoluciones salinas siendo por ello idóneas para realizar funciones esqueléticas. Entre ellas, las más conocidas son el colágeno de los huesos y del tejido conjuntivo; la queratina del pelo, plumas, uñas, cuernos, etc.; la fibroína del hilo de seda y de las telarañas y la elastina del tejido conjuntivo, que forma una red deformable por la tensión.

6.4.5 Estructura cuaternaria.

Cuando una proteína **consta de más de una cadena polipeptídica**, es decir, cuando se trata de una proteína oligomérica, decimos que tiene **estructura cuaternaria**. La estructura cuaternaria debe considerar:

- **El número y la naturaleza de las distintas subunidades** o monómeros que integran el oligómero.
- **La forma en que se asocian** en el espacio para dar lugar al oligómero. La figura de la derecha corresponde a la **hemoglobina**.

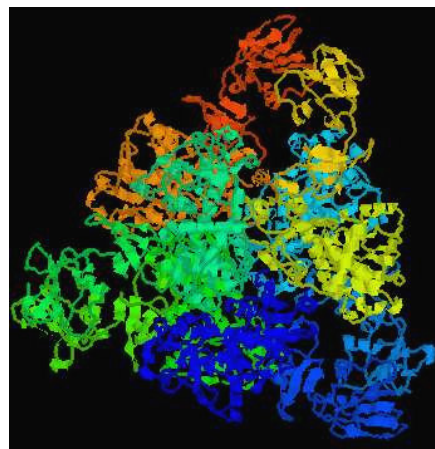


Imagen virtual de la hemoglobina

En proteínas con estructura terciaria **de tipo fibroso**, la estructura cuaternaria resulta de **la asociación de varias hebras para formar una fibra**. La miosina o la tropomiosina constan de dos hebras con estructura de hélice, enrolladas en una fibra **levógira**. La **alfa-queratina del cabello** y el **fibrinógeno de la sangre** presentan tres hebras en cada fibra levógira. El colágeno consta de tres hebras **helicoidales** levógiras que forman una fibra **dextrógira**. La fibroína **de la seda** presenta varias hebras con estructura de hoja plegada y orientadas de forma antiparalela.

Cuando varias proteínas con estructura terciaria de tipo globular se asocian para formar una estructura de tipo cuaternario, los monómeros pueden ser:

- Exactamente iguales, como en el caso de la fosfoglucoisomerasa o de la hexoquinasa.
- Muy parecidos, como en el caso de la lactato deshidrogenasa.
- Con estructura distinta pero con una misma función, como en el caso de la **hemoglobina**.
- Estructural y funcionalmente distintos, que una vez asociados forman una unidad funcional, como en el caso de la aspartato transcarbamilasa, un enzima alostérico con seis subunidades con actividad catalítica y seis con actividad reguladora.

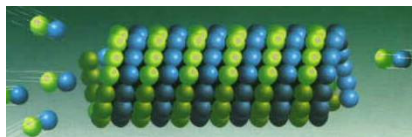
La estructura cuaternaria modula la actividad biológica de la proteína y la separación de las subunidades a menudo conduce a la pérdida de funcionalidad. Las fuerzas que mantienen unidas las distintas cadenas polipeptídicas son, en líneas generales, las mismas que estabilizan la estructura terciaria. Las más abundantes son las interacciones débiles (hidrofóbicas, polares, electrostáticas y puentes de hidrógeno), aunque en algunos casos, como en las inmunoglobulinas, la estructura cuaternaria se mantiene mediante puentes disulfuro. El ensamblaje de los monómeros se realiza de forma espontánea, lo que indica que el **oligómero** presenta un mínimo de energía libre con respecto a los monómeros.

6.4.6 Asociaciones supramoleculares: estructura quinaria.

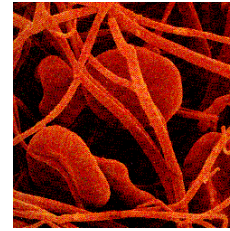
En muchos casos, las proteínas se agrupan bien entre sí, bien con otros grupos de biomoléculas para formar estructuras supramoleculares de orden superior y que tienen un carácter permanente. Este nivel de asociación recibe el nombre de estructura quinaria y existen dos:

1. Asociaciones entre proteínas:

Las proteínas α y β -tubulina (en color azul y verde en la figura) forman unos dímeros que se ensamblan formando filamentos huecos enormemente largos llamados microtúbulos, cuya función es fundamentalmente estructural, ya que forman parte del citoesqueleto de las células (que contribuyen a dar forma a las células), del centriolo (que participa en la mitosis), y de los cilios y flagelos (que participan en la motilidad celular).



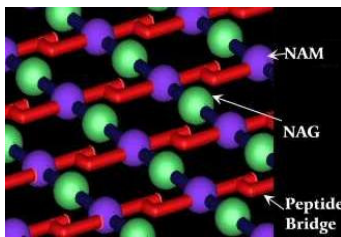
La fibrina es otra proteína que forma una asociación supramolecular. Los monómeros de fibrina se unen mediante enlaces covalentes para formar la malla tridimensional característica del trombo o coágulo sanguíneo.



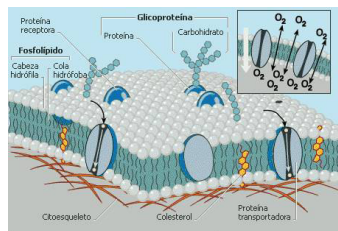
2. Asociaciones de proteínas y otras biomoléculas:

- **Asociación de unas proteínas con glúcidos:** Cuando las proteínas se asocian con azúcares pueden originar asociaciones supramoleculares como los proteoglicanos o los peptidoglicanos.
- **Asociación de proteínas con lípidos:** Cuando las proteínas se asocian con lípidos pueden originar asociaciones supramoleculares como las **lipoproteínas** del plasma sanguíneo y las **membranas biológicas**.
- **Asociación de proteínas con ácidos nucleicos:** Cuando las proteínas se asocian con ácidos nucleicos pueden originar asociaciones supramoleculares como los **ribosomas**, **nucleosomas** o **virus**.

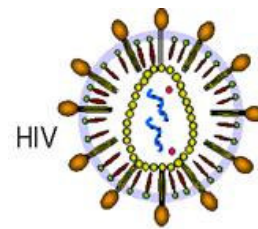
Ejemplo los tipos de asociaciones.



Peptidilglucano



Lipoproteína



Virus del Sida

6.5 Dominio estructural.

Puede considerarse como un nivel más de organización de las proteínas. Los dominios están formados por combinaciones de hélices alfa y beta que resultan estables y que se han conservado en proteínas diferentes. Desde un punto de vista evolutivo pueden considerarse como auténticos “hallazgos” que se repiten en proteínas de distintos seres vivos y que posiblemente tengan la misma función.

Ejemplos los tenemos en enzimas que utilizan como coenzimas a determinados nucleótidos NAD^+ , FMN o el AMP, todos estos coenzimas tienen en su superficie el mismo dominio que constituyen el punto de anclaje del nucleótido al enzima. Rossmann propuso que estos dominios eran auténticos fósiles moleculares que se mantuvieron debido a su capacidad de unirse a los mononucleótidos.

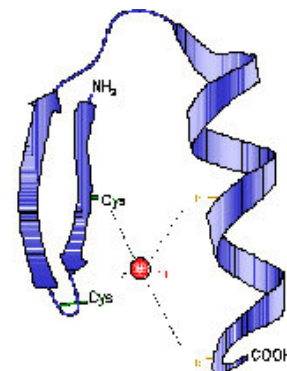


Fig. 2. Plegamientos $\beta\alpha$ de un clásico zinc finger C2H2.

Ejemplo de Dominio Estructural Proteico

6.6 Propiedades de las proteínas.

Las propiedades físicas o químicas que puede tener una molécula de proteína dependen de los grupos funcionales contenidos en las cadenas laterales de los aminoácidos y de la configuración espacial que pueda tener en el medio celular que es acuoso.

La especificidad: es una propiedad que manifiestan las proteínas ya que la única molécula capaz de fijarse a una proteína, es aquella que tiene la geometría complementaria y que le permite una adaptación exacta de la molécula con su centro activo. Esta especificidad dependerá de los pliegues que tenga la molécula y en último término de la secuencia de aminoácidos de su estructura primaria (caso de la anemia falciforme). Las especies biológicas se pueden distinguir entre sí analizando las proteínas y verificando que la secuencia de aminoácidos que la componen es la misma, este procedimiento es muy usado cuando los biólogos que pretenden separar *taxonomicamente* organismos muy similares anatómicamente.

La solubilidad: Cuando las proteínas adoptan la conformación globular se hacen solubles en un medio acuoso. Las moléculas de agua, bajo la forma de dipolo, se asocian a las proteínas formando la capa de *solvatación*.

La desnaturalización: Consiste en la pérdida de su configuración espacial característica y lógicamente la anulación de su funcionalidad biológica, cuando se las somete a condiciones desfavorables como el aumento de la temperatura excesivo, cambios bruscos de pH. Si este cambio ha durado poco tiempo es posible la *renaturalización*, sin embargo si las condiciones extremas han durado el tiempo suficiente para que las proteínas pasen a un estado fibroso, insoluble en agua y sin actividad biológica la renaturalización no es posible. Ejemplo de ello es la clara de huevo: Soluble en forma globular, insoluble en estado fibroso después de la cocción.

6.7 Las funciones de las proteínas.

- **Función de reserva:** En general no se usan como combustible *metabólico*, pero algunas como la albúmina del huevo, la caseína de la leche o la gliadina de las semillas de cereales son almacén de aminoácidos para los embriones en desarrollo.
- **Función estructural:** las glucoproteínas de las membranas biológicas que desempeñan funciones de transporte, receptores de neurotransmisores, de hormonas, etc. Los citoesqueletos de células, huso cromático, cilios, flagelos. Histonas o protaminas para empaquetar los ADN. Colágeno, queratina, elastina, fibroína, pelos, plumas, uñas, páas etc.
- **Función homeostática:** Las proteínas pueden participar manteniendo el equilibrio osmótico y actuar como tampón o buffer para mantener el pH.
- **Función transporte:** Además de las proteínas transportadoras en las membranas, se han descrito transporte de sustancias entre distintas regiones del organismo (hemoglobina), que transporta oxígeno y dióxido de carbono en el sistema circulatorio humano. La hemocianina hace lo mismo en los invertebrados. Otros ejemplos, mioglobinas, citocromos, lipoproteínas, seroalbúminas que transportan fármacos. etc.

- **Función defensiva:** Trombina y fibrinógeno para fabricar el coágulo. Las mucinas que tienen función germicida en tractos digestivos, respiratorios y genitourinarios. Las inmunoglobulinas de la sangre que actúan como anticuerpos frente a los **antígenos**, etc.
- **Función hormonal:** La insulina y el glucagón que controlan la cantidad de glucosa en la sangre tiene naturaleza proteica. La GDH (hormona del crecimiento), etc.
- **Función contráctil:** La dineína que permite el movimiento de cilios y flagelos. La actina y miosina en el músculo esquelético son responsables de la contracción muscular.
- **Función enzimática:** Son quizás las más abundantes ya que actúan como biocatalizadores en cualquier reacción celular. De los enzimas dependen el metabolismo celular.

6.8 Clasificación de las proteínas.

Holoproteidos: Proteínas simples, compuestas exclusivamente por aminoácidos.

Heteroproteínas o proteínas conjugadas: por hidrólisis rinden cadenas de aminoácidos (grupo proteico) más un **grupo prostético** no proteico que puede ser orgánico o inorgánico.

HOLOPROTEIDOS:

A. Proteínas globulares:

- PROTAMINAS: 5000D. Solubles; asociadas a ácidos nucleicos.
- HISTONAS: 1-2000D. Solubles, asociadas a ácidos nucleicos.
- PROLAMINAS: 4000D. Insolubles ; en semillas, cebadas etc.
- GLUTENINAS. Insolubles. Son coagulables por calor, en semillas, arroz.
- ALBUMINAS: 30000-100000D. Seroalbumina sangre, transporte, lactoalbumina, leche.
- GLOBULINAS: Soluble en disoluciones salinas. 100000x10⁶ D. ovoalbumina. (Globulinas y anticuerpos).

B. Proteínas filamentosas:

- COLÁGENO: 70000D; en tejido conjuntivo, cartilaginoso. (cuero, gelatinas)
- QUERATINAS: Ricas en cisteína. Cabello, uñas, lana, plumas etc.
- ELASTINAS: En tendones y vasos (no producen gelatinas)
- FIBROINAS: Hilos de seda.

HETEROPROTEIDOS:

- A. Cromoproteidos:** El grupo prostético es un pigmento. Dependiendo si ese pigmento es una porfirina o no las podemos clasificar en:

Pigmentos porfirínicos: Anillo tetrapirrólico o porfirina, en el centro aparece un catión metálico, si es el Fe⁺⁺ Grupo hemo, si es el Mg⁺⁺ Clorofila etc.

Pigmentos no porfirínicos: Hemocianina, pigmento respiratorio de moluscos, (contiene Cu). La Hemeritrina; pigmento respiratorio con Fe, en gusanos marinos. Biliverdina y bilirrubina, aparecen como resultado de la degradación de la hemoglobina.

- B. Glucoproteidos:** Como grupo prostético tiene la glucosa, galactosa, arabinosa etc. FSH, LH, TSH. Mucoproteínas con función lubricante y mucinas en los líquidos sinoviales de las articulaciones.
- C. Lipoproteidos:** Como grupo prostético tienen a los ácidos grasos (Membranas, orgánulos).
- D. Fosfoproteidos:** Grupo prostético los ácidos ortofosfóricos, caseína, vitelina (se haya en la yema del huevo).
- E. Nucleoproteidos:** Asociación de histonas y protaminas con base nitrogenada.

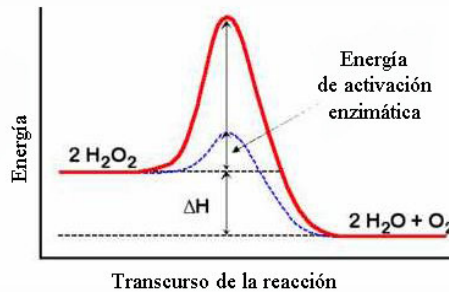
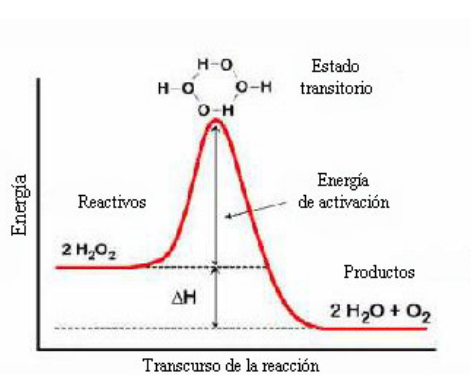
7. ENZIMAS

7.1 Concepto y estructura.

La mayoría de las reacciones que tienen lugar en los seres vivos no se llevarían a cabo espontáneamente sin la actuación de los enzimas. **Por lo tanto podríamos definir a los enzimas como catalizadores biológicos de origen proteico.**

Los catalizadores actúan sobre la velocidad de una reacción y se necesita en cantidades muy pequeñas en relación con la cantidad de compuestos cuya transformación cataliza. El que una reacción $AB \rightarrow A + B$ tenga lugar o no depende de la diferencia de energía potencial entre el estado inicial y final del sistema. Si la energía de AB es mayor que la de $A + B$ la reacción se desplaza a derecha y viceversa. Hay que tener en cuenta que aunque la diferencia entre los dos estados sea muy grande no quiere decir que la reacción se de espontáneamente y a una velocidad considerable ya que para transformarse es necesario que las moléculas que vayan a reaccionar pasen por un estado intermedio activado.

Un catalizador (sea biológico o no) actúa disminuyendo la energía de activación necesaria para que se verifique la reacción, aumentando la proporción de moléculas con energía suficiente para sobrepasar la energía de activación, de esta manera aumenta la velocidad de reacción. Este ejemplo de reacción enzimática del agua oxigenada puede servirnos para explicar la acción de los catalizadores:



Imágenes de una reacción sin catalizar y otra con canalización respectivamente.

7.2 Enzimas y termodinámica.

Los criterios que deciden si una reacción es reversible o irreversible son de tipo termodinámico. Ulich, siguiendo el primer y segundo principio de termodinámica asegura que:

“Todos los fenómenos naturales quedan regidos por la tendencia a que se produzca una disminución de la energía libre acumulada en el sistema y por la tendencia a un aumento de la entropía del sistema durante la reacción”, así pues si se considera una reacción química como un sistema termodinámico cerrado y si este sistema se abandona a sí mismo, cambia hasta alcanzar un estado de mínima energía y máximo desorden.

7.3 Mecanismos de acción enzimática.

Los enzimas son altamente específicos para las reacciones que catalizan, es decir, cada enzima posee en su superficie una zona activa (hendidura u oquedad) a la que se le denomina **Centro Catalítico**, y que se adapta perfectamente a las moléculas del sustrato que posea la geometría complementaria a la configuración espacial del centro activo.



El centro catalítico de cada enzima está formado por determinadas secuencias de aminoácidos, de tal forma que sus cadenas laterales aportan grupos funcionales activos (cationes, aniones, **grupos bencenos**, alcoholes, **tioles**, etc.) capaces de crear las condiciones físico-químicas óptimas para que las moléculas de sustrato se transformen en el correspondiente producto.



Los enzimas, a diferencia de los catalizadores inorgánicos catalizan reacciones específicas. Sin embargo hay distintos grados de especificidad. El enzima sacarasa es muy específico: rompe el enlace b-glucosídico de la sacarosa o de compuestos muy similares. Así, para el enzima sacarasa, la sacarosa es su sustrato natural, mientras que la maltosa y la isomaltosa son sustratos análogos. El enzima actúa con máxima eficacia sobre el sustrato natural y con menor eficacia sobre los sustratos **análogos**. Entre los enzimas poco específicos están las proteasas digestivas como la quimotripsina, que rompe los enlaces amida de proteínas y péptidos de muy diverso tipo.

Los enzimas inducen modificaciones químicas de los sustratos a los que se unen, ya sea por ruptura, formación o redistribución de sus enlaces covalentes, o por introducción o pérdida de algún grupo funcional.

El resultado de la unión enzima sustrato es que el sustrato (S) se transforma en producto (P) mientras el correspondiente enzima actúa como catalizador de la reacción de transformación $S \rightarrow P$.

Aspectos a tener en cuenta:

- Los enzimas intervienen en concentraciones muy bajas, acelerando las reacciones en las que intervienen.
- No sufren modificación alguna.
- No intervienen en el equilibrio de la reacción.
- Especificidad de sustrato. El sustrato (S) es la molécula sobre la que el enzima ejerce su acción catalítica.
- Especificidad de acción. Cada reacción está catalizada por un enzima específico.
- La acción enzimática se caracteriza por la formación de un complejo que representa un estado de transición. ES



- El sustrato se une al enzima a través de numerosas interacciones débiles como son: puentes de hidrógeno, electrostáticas, hidrófobas, etc, en un lugar específico: [el centro activo](#). Este centro es una pequeña porción del enzima, constituido por una serie de aminoácidos que interaccionan con el sustrato.

7.4 Coenzimas y cofactores.

Algunos enzimas carecen en su centro activo de los grupos funcionales adecuados para la actividad que desempeñan, por lo tanto utilizan la ayuda de determinadas moléculas no proteicas (**coenzimas**), que fijadas en su superficie mediante enlaces covalentes o débiles aportan los grupos y funciones de los que carece el enzima.

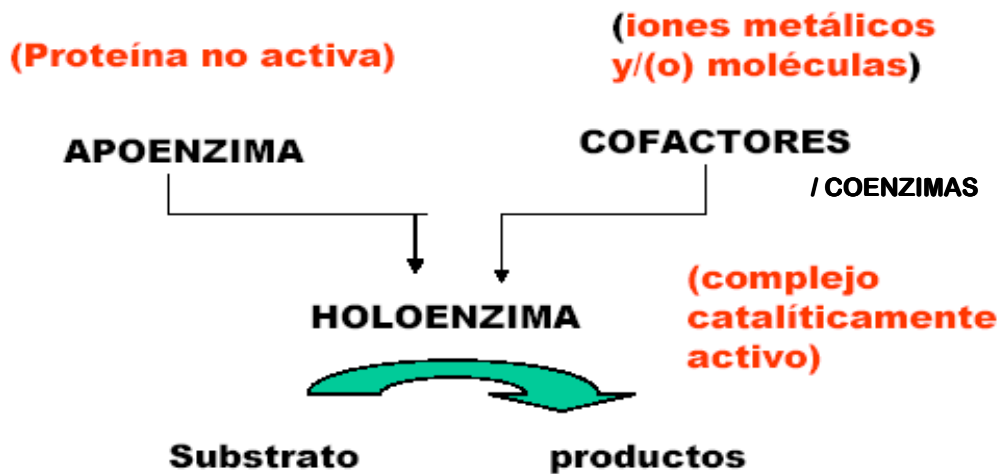
Ejemplos: Vitaminas del complejo B, grupo hemo, citocromos, etc.

Algunos iones (Zn^{+} , Mg^{++} , Cu^{++}), actúan como **cofactores** de la catálisis enzimática, posiblemente pliegan la molécula proteica hasta que su configuración adopte a las moléculas del centro activo del enzima.

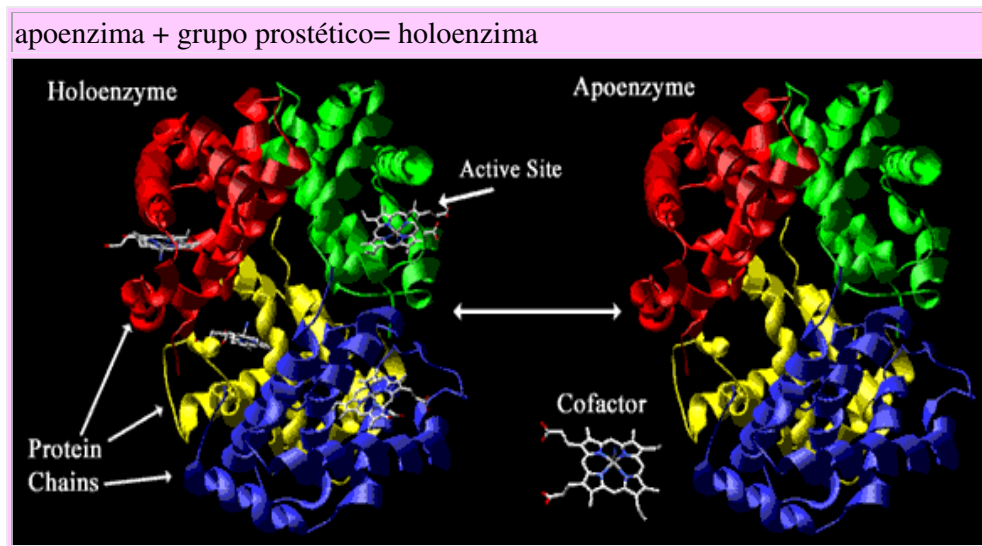
Las **apoenzimas** son proteínas globulares constituidas por tres tipos de aminoácidos:

- Estructurales: sin función dinámica.
- De fijación: encargado de establecer enlaces débiles con el sustrato.
- Catalizadores: que se unen al sustrato mediante enlaces covalentes.

Nota: Los dos últimos forman el centro activo de la proteína.



Las coenzimas cuando se unen al apoenzima constituyen el HOLOENZIMA. No suelen ser específicos de un solo tipo de apoenzima. (NAD, NADP, FAMN, FAD, etc.)



7.5 Temperatura y pH.

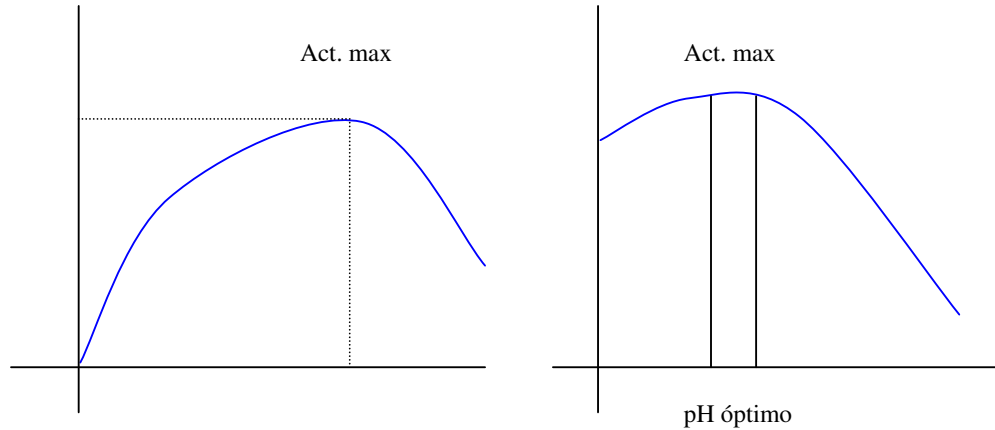
Como la función enzimática depende de la estructura terciaria o cuaternaria, la actividad del enzima puede llegar a desaparecer si se producen cambios drásticos de temperatura.

Entre los 50°C y los 60°C la mayoría de los enzimas se inactivan, excepto los que se encuentran en determinadas bacterias *termófilas*, presentes en las salidas de aguas termales, capaces de resistir hasta 80°C.

La disminución de la temperatura no parece destruir a los enzimas pero disminuye la velocidad de las reacciones que catalizan.

Curiosamente, existen enzimas que presentan dos óptimos de temperatura, de tal manera que a temperaturas bajas tienen una actividad distinta que a temperaturas más altas.

Este es el caso del pelaje en el gato siamés que a temperatura más baja da color negro a mayor temperatura da un color marrón claro. Por esta razón el extremo de la cola o los dedos son de color negro y el vientre más claro. Si colocamos una bolsa de hielo en la espalda la coloración se vuelve más oscura.



Pequeñas variaciones en el pH del medio interno ocasionan grandes cambios en la actividad de los enzimas, modificándose las cargas superficiales y alterando la configuración espacial de su estructura 3ª y 4ª. No obstante hay enzimas adaptados a diversos pH como la pepsina que actúa con pH ácido y la tripsina que es más eficaz con un pH básico.

7.6 Aloterismo e inhibición enzimática.

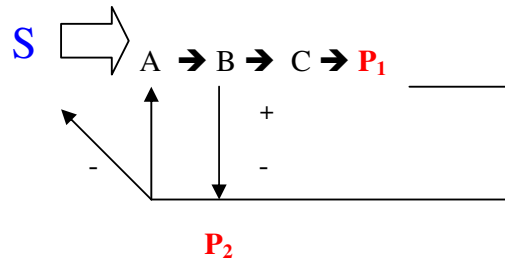
Existen algunos enzimas capaces de adoptar al menos dos conformaciones diferentes y estables (activos e inactivos). El paso de una a otra suele estar inducido por la unión de ciertas moléculas ligados a determinados lugares en la superficie enzimática (distintos del centro catalítico) que son conocidos como centros reguladores. Estos enzimas se denominan **alostéricos**.

Estos enzimas tienen dos características esenciales que los distinguen de otros tipos de enzimas:

- Poseen más de una cadena de polipéptidos, es decir, tienen una estructura cuaternaria con dos o más subunidades.
- La cinética no es una hipérbola sino una curva de tipo sigmoidea (al principio, un aumento de la concentración del sustrato provoca una disminución de la velocidad enzimática).

Un ejemplo clásico de la actuación de este tipo de enzimas es el mecanismo de retroinhibición, inhibición por producto final o feed-back.

El conjunto de las reacciones que existe en una célula (metabolismo), el producto de una reacción puede ser el sustrato de la siguiente, realizándose innumerables reacciones en cadena. Si el producto de un conjunto de reacciones es un modulador negativo de la primera, el sistema mantendrá un nivel fijo del producto analizado.



Estos enzimas se localizan en lugares estratégicos de las vías metabólicas entre varias vías. P1 puede actuar como ligando inhibidor induciendo un cambio conformacional que inactiva el enzima (RETROINHIBICIÓN). En general estos procesos suponen un ahorro energético a la célula ya que así no es necesario sintetizar enzimas que no tengan un sustrato sobre el que reaccionar.

Los isoenzimas (enzimas que actúan sobre el mismo sustrato pero con cinética diferente), es otra forma de regulación enzimática.

Los inhibidores son moléculas que disminuyen la actividad de un enzima; puede ser reversible o irreversible. Los inhibidores reversibles pueden ser a su vez competitivos o no competitivos:

🌿 **Inhibición irreversible:** Es un veneno catabólico que se une fuertemente al enzima, destruyéndolo o modificándolo y no pudiendo el enzima recuperar su capacidad enzimática (venenos catabólicos como el CO).

🌿 **Inhibición reversible:** El complejo enzima- inhibidor se puede deshacer fácilmente:

- **Competitiva:** El inhibidor compite con el sustrato por el centro activo ya que son dos moléculas muy similares espacialmente hablando. Si aumentamos la concentración de sustrato desaparece el efecto inhibidor.
- **No competitiva:** El inhibidor no se une al centro activo del enzima sino que produce un cambio en la conformación del enzima que impide su unión con el sustrato. Aunque aumentos la concentración del sustrato el resultado es el mismo.

7.7 Estrategias para aumentar la velocidad de las reacciones catalizadas por enzimas.

Estos dos autores propusieron un modelo matemático que se ajustaba a los datos experimentales obtenidos en laboratorio.

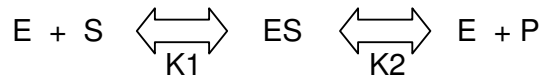


Michaelis



Menten

Basándose en el equilibrio:

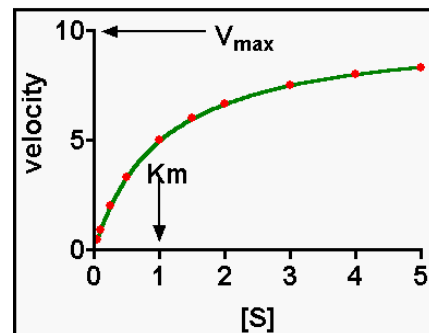


Siendo $k_1, k_2 \dots$ constantes de la velocidad de reacción. Cuando la concentración del sustrato es muy elevada todo el enzima se encuentra formando el complejo ES y la cantidad que queda de enzima libre es insignificante. La segunda reacción es más lenta y es la que limita la velocidad ya que el enzima libre puede unirse al sustrato. Si suponemos que $k_2 = 0$ se llega a la conclusión siguiente:

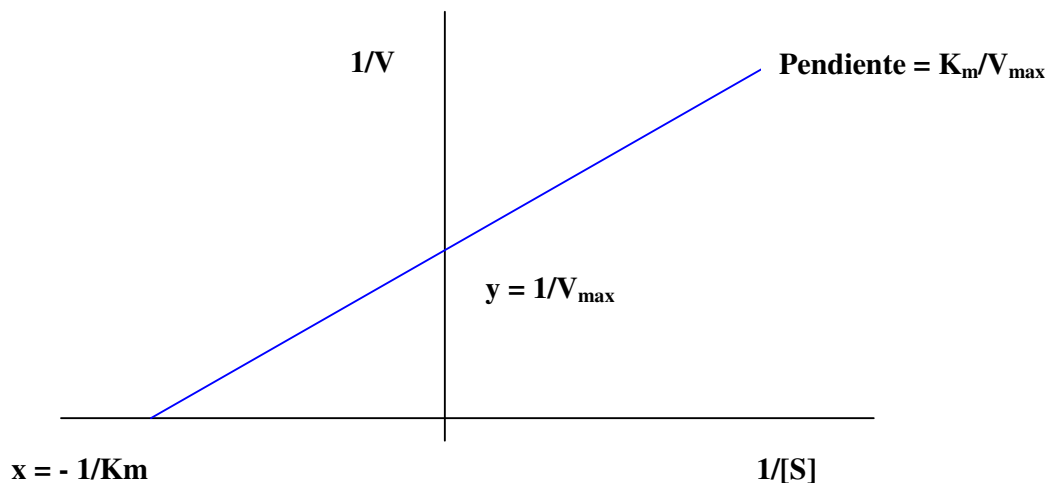
$$\frac{K_1}{K_1 + K_2} = \frac{K_2}{[S] + [E]} = k_{eq} \text{ de aquí dedujeron que: } V_0 = \frac{V_{max} [S]}{K_m + [S]}$$

Cuando V_0 es igual a la mitad de la velocidad máxima $K_m = [S]$, por lo tanto K_m es un indicador de la afinidad del enzima por el sustrato. Cuanto menor sea K_m el enzima será mejor catalizador para el sustrato S. Los valores de K_m oscilan entre 10^{-1} y 10^{-7} molar.

A veces es conveniente transformar la ecuación de Michaelis-Menten en otra, que representada gráficamente, resulte una recta, es decir, haciendo la inversa de la ecuación:



$$\frac{1}{V} = \frac{1}{V_{max}} + \frac{K_m}{V_{max}} * \frac{1}{[S]}$$

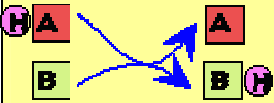
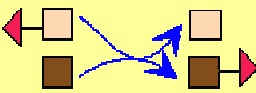
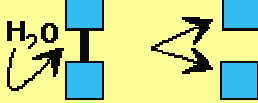
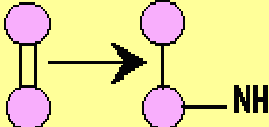
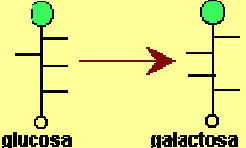
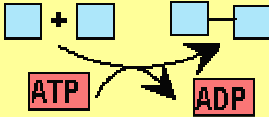


La mayoría de los sustratos y de los enzimas se encuentran en concentraciones muy bajas (micromoles), por lo cual la probabilidad de que el sustrato encuentre el enzima es muy baja.

Para contrarrestar este inconveniente existen estas estrategias celulares:

- **Compartimentación** celular. La mayoría de las reacciones tienen lugar en vesículas, o sistemas de membranas bien compartimentados.
- Efecto cascada. Es una secuencia de reacciones en la que cada enzima cataliza el paso de un **proenzima** en enzima activo, así hasta que el último cataliza la transformación del sustrato en producto.

7.8 Clasificación de los enzimas dependiendo de su función.

Óxido-reductasas	Transferasas	Hidrolasas
 Este tipo de enzimas parten del principio de que si hay una molécula que se reduce, debe de haber otra que se oxide. Deshidrogenadas, oxidasas.	 Transferencia de grupos funcionales: - Grupos aldehídos. - Grupos acilos. - Grupos glucósilos. - Grupos fosfatos (quinasas). Transaminasas.	 Reacciones de hidrólisis. Transforman polímeros en monómeros. - Enlace ester. - Enlace glucosídico. - Enlace peptídico. - Enlace C-N. Lipasas, fosfatasas.
Liasas	Isomerasas	Ligasas
 Adición a los dobles enlaces. - Entre C y C. - Entre C y O. - Entre C y N.	 Reacciones de isomerización. Provocan reordenaciones en las moléculas o transferencias de radicales de una parte a otra de la molécula.	 Formación de los enlaces con aporte de ATP. - Entre C y O. - Entre C y S. - Entre C y N. - Entre C y C.

8. VITAMINAS.

8.1 Concepto.

Las vitaminas (del latín *vita* (vida) + el griego *ammoniakós* (producto libio, amoníaco), con el sufijo latino *-ina* (sustancia) son compuestos heterogéneos que no pueden ser sintetizados por el organismo, por lo que éste no puede obtenerlos más que a través de la ingestión directa. Las vitaminas son nutrientes esenciales, imprescindibles para la vida.

Actúan como coenzimas y grupos prostéticos de las enzimas. Sus requerimientos no son muy altos, pero tanto su defecto como su exceso pueden producir enfermedades (respectivamente, avitaminosis e hipervitaminosis).

8.2 Vitaminas liposolubles.

Vitamina	Función (interviene en)	Fuente	
<u>A</u>	Intervienen en el crecimiento, Hidratación de piel, mucosas pelo, uñas, dientes y huesos. Ayuda a la buena visión. Es un antioxidante natural.	Hígado, Yema de huevo, Lácteos, Zanahorias, Espinacas, Broccoli, Lechuga, Radicchio, Albaricoques, Damasco, Durazno, Melones.	
<u>D</u>	Regula el metabolismo del calcio y también en el metabolismo del fósforo.	Hígado, Yema de huevo, Lácteos, Germen de trigo, (es necesaria la luz solar para la síntesis)	
<u>E</u>	Antioxidante natural. Estabilización de las membranas celulares. Protege los ácidos grasos.	Aceites vegetales, Yema de huevo, Hígado, Panes integrales, Legumbres verdes, Cacahuete, Coco, Vegetales de hojas verdes	
<u>K</u>	Coagulación sanguínea.	Harinas de pescado, Hígado de cerdo, Coles, Espinacas	

La **vitamina A** ayuda a la formación y mantenimiento de los dientes sanos, los tejidos óseos y blandos, las membranas mucosas y la piel. También se la conoce como retinol, debido a que genera los pigmentos necesarios para el funcionamiento de la retina, fomenta la buena visión, especialmente ante la luz tenue y también se puede requerir para la reproducción y la lactancia. El betacaroteno es un precursor de la vitamina A con propiedades antioxidantes, que ayuda al cuerpo a tratar con químicos inestables llamados radicales libres.

La **vitamina D** también se conoce como "la vitamina del sol" debido a que el cuerpo la fabrica luego de la exposición a los rayos solares. El organismo necesita de 10 a 15 minutos de exposición al sol cada semana para obtener la dosis necesaria de vitamina D. Participa en la absorción del calcio, esencial para el desarrollo de dientes y huesos sanos, y ayuda a mantener en la sangre los niveles adecuados de los minerales calcio y fósforo, los cuales son necesarios para muchas funciones.

La **vitamina E**, conocida también como tocoferol, es un antioxidante importante en la formación de glóbulos rojos y en la utilización de la vitamina K.

La **vitamina K** se conoce también como la vitamina de la coagulación, porque sin ella la sangre no coagularía. Algunos estudios indican que ayuda a mantener los huesos fuertes en las personas de avanzada edad.

8.3 Vitaminas hidrosolubles.

Vitamina	Función (interviene en)	Fuente	
<u>B1</u>	Participa en el funcionamiento del sistema nervioso. Interviene en el metabolismo de glúcidos y el crecimiento y mantenimiento de la piel.	Carnes, yema de huevo, levaduras, legumbres secas, cereales integrales, frutas secas.	
<u>B2</u>	Metabolismo de proteínas y glúcidos. Efectúa una actividad oxigenadora y por ello interviene en la respiración celular, la integridad de la piel, mucosas y el sistema ocular por tanto la vista.	Carnes y lácteos, cereales, levaduras y vegetales verdes.	
<u>B3</u>	Metabolismo de proteínas, glúcidos y lípidos. Interviene en la circulación sanguínea, el crecimiento, en la cadena respiratoria y el sistema nervioso.	Carnes, hígado y riñón, lácteos, huevos, cereales integrales, levadura y legumbres.	

La tiamina (B1) ayuda a las células corporales a convertir los carbohidratos en energía. También es esencial en el funcionamiento del corazón y el mantenimiento de células nerviosas, incluyendo las del corazón.

B6	Metabolismo de proteínas y aminoácidos Formación de glóbulos rojos, células y hormonas. Ayuda al equilibrio del sodio y del potasio.	Yema de huevos, las carnes, el hígado, el riñón, los pescados, los lácteos, granos integrales, levaduras y frutas secas	
ácido fólico	Crecimiento y división celular. Formación de glóbulos rojos	Carnes, hígado, verduras verdes oscuras y cereales integrales.	
B12	Elaboración de células Síntesis de la hemoglobina Sistema nervioso	Sintetizada por el organismo. No presente en vegetales. Si aparece en carnes y lácteos.	
C	Formación y mantenimiento del colágeno Antioxidante Ayuda a la absorción del hierro	Vegetales verdes, frutas cítricas y papayas	

La **riboflavina (B2)** funciona en conjunto con las otras vitaminas del complejo B y desempeña un papel importante en el crecimiento corporal y en la producción de glóbulos rojos. Al igual que la tiamina, ayuda a liberar energía de los carbohidratos.

La niacina es otra vitamina del complejo B. Ayuda a mantener saludable la piel y los nervios. También es importante para la conversión de los alimentos en energía y puede tener efecto sobre la baja del colesterol.

La **vitamina B6** también se conoce como piridoxina. Cuando hay un consumo alto de proteínas, se requiere también una dosis alta de vitamina B6 para poder utilizar la proteína. Igualmente, ayuda a la formación de glóbulos rojos y al mantenimiento de la función normal del cerebro y participa en la síntesis de anticuerpos del sistema inmunológico.

La **vitamina B12**, al igual que las otras vitaminas del complejo B, es importante en el metabolismo. Ayuda a la formación de glóbulos rojos y al mantenimiento del sistema nervioso central.

El ácido fólico actúa con la **vitamina B12** en la producción de glóbulos rojos y es necesario en la síntesis del ADN que controla los factores hereditarios, así como el crecimiento tisular y la función celular. Cualquier mujer que pueda quedar embarazada debe asegurarse de consumir cantidades adecuadas de ácido fólico, ya que los niveles bajos de esta sustancia se asocian con defectos

congénitos terribles como la espina bífida. Muchos alimentos vienen ahora enriquecidos con ácido fólico para ayudar así a disminuir los defectos congénitos.

La **vitamina C** también se conoce como ácido ascórbico. Ayuda a mantener los dientes y las encías sanos, participa en la absorción del hierro y en el mantenimiento del tejido conectivo normal. También desempeña un papel importante en la cicatrización de las heridas y es antioxidante.

8.4 Avitaminosis.

La deficiencia de vitaminas puede producir trastornos más o menos graves, según el grado de deficiencia, llegando incluso a la muerte. Respecto a la posibilidad de que estas deficiencias se produzcan en el mundo desarrollado hay posturas muy enfrentadas. Por un lado están los que aseguran que es prácticamente imposible que se produzca una avitaminosis, y por otro los que responden que es bastante difícil llegar a las dosis de vitaminas mínimas, y por tanto, es fácil adquirir una deficiencia, por lo menos leve.

8.5 Hipervitaminosis.

Las vitaminas aunque son esenciales, pueden ser tóxicas en grandes cantidades. Unas son muy tóxicas y otras parece que son inocuas incluso en cantidades muy altas. La toxicidad puede variar según la forma de aplicar las dosis. Como ejemplo, la vitamina D se administra en cantidades suficientemente altas como para cubrir las necesidades para 6 meses; sin embargo, no se podría hacer lo mismo con vitamina B3 o B6, porque sería muy tóxica.

Otro ejemplo es el que la suplementación con vitaminas hidrosolubles a largo plazo, se tolera mejor debido que los excedentes se eliminan más fácilmente por la orina.

Las vitaminas más tóxicas son la D, y la A, también lo puede ser la vitamina B3. Otras vitaminas, sin embargo, son muy poco tóxicas o prácticamente inocuas. La B12 no posee toxicidad incluso con dosis muy altas. A la tiamina le ocurre parecido, sin embargo con dosis muy altas y durante mucho tiempo puede provocar problemas de tiroides. En el caso de la vitamina E, sólo es tóxica con suplementos específicos de vitamina E y con dosis muy altas. También se conoce casos de intoxicaciones en esquimales al consumir hígado de mamíferos marinos.

9. ÁCIDOS NUCLEICOS.

9.1 Concepto e importancia biológica.

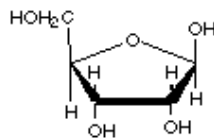
Son biopolímeros, de elevado peso molecular, formados por otras subunidades estructurales o monómeros, denominados nucleótidos.

Son las moléculas que tienen la información genética de los organismos y son las responsables de su transmisión hereditaria.

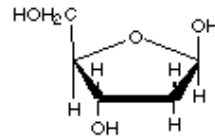
9.2.1 Nucleótidos.

Los nucleótidos están formados por la unión de:

1. **Una pentosa**, que puede ser la D-ribosa en el ARN; o la D-2-desoxirribosa en el ADN.

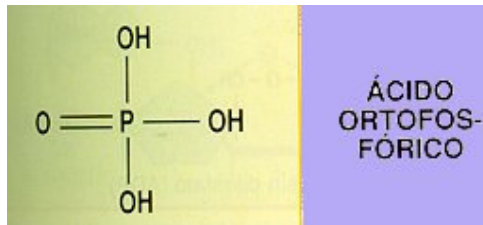


Ribosa



Desoxirribosa

2. **Una base nitrogenada**, que puede ser:
 - **Púrica**, como la Guanina (**G**) y la Adenina (**A**).
 - **Pirimidínica**, como la Timina (**T**), Citosina (**C**) y Uracilo (**U**).
3. **Ácido fosfórico**, que en la cadena de ácido nucleico une dos pentosas a través de una unión fosfodiéster. Esta unión se hace entre el C-3' de la pentosa, con el C-5' de la segunda.

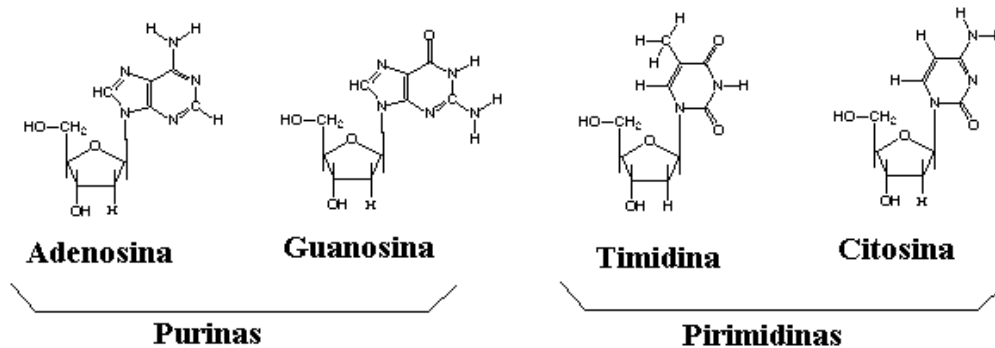


**ÁCIDO
ORTOFOS-
FÓRICO**

A la unión de una pentosa con una base nitrogenada se le llama **nucleósido**. Esta unión se hace mediante un enlace β -glucosídico.

- Si la pentosa es una ribosa, tenemos un ribonucleósido. Estos tienen como bases nitrogenadas la **adenina**, **guanina**, **citocina** y **uracilo**.
- Si la pentosa es un desoxirribosa, tenemos un desoxirribonucleósido. Estos tienen como bases nitrogenadas la adenina, **adenina**, **citocina**, **guanina** y **timina**.

Nucleosidos del ADN

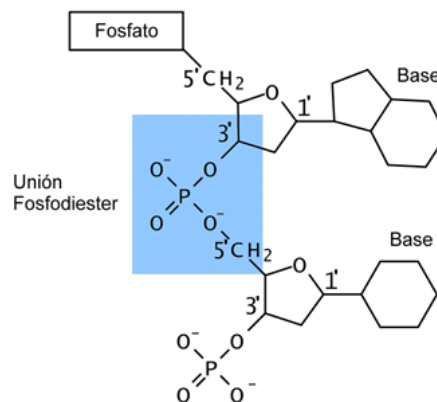


El enlace β -glucosídico se hace entre el:

- C-1' de la pentosa y el N-9 de la base púrica, como la guanina y la adenina.
- C-1' de la pentosa y el N-1 de la base pirimidínica, como la timina y citosina.

9.2.2 Enlace fosfodiéster.

El elemento de construcción del ADN es un **nucleótido**, este consiste en un **azúcar pentosa (desoxirribosa)**, un **grupo fosfato** y una **base nitrogenada**. Las bases son las purinas, **adenina (A)** y **guanina (G)**, y las pirimidinas, **timina (T)** y **citosina (C)**. Los nucleótidos están unidos por enlaces covalentes para formar un esqueleto de azúcar y fosfato alternados. La base nitrogenada está unida al carbono 1' del azúcar, y el fosfato lo está al carbono 5', los nucleótidos están unidos entre sí por enlace covalente al carbono 3' de un azúcar al fosfato 5' del azúcar adyacente, para formar un **enlace fosfodiéster** 3', 5'. De este modo resulta posible formar un polímero con longitud indefinida. La mayor parte de las moléculas de ADN presentes en las células tienen millones de bases de longitud, y los nucleótidos pueden enlazarse entre sí en cualquier orden. No importa cuán larga sea la cadena, un extremo (el extremo 5') tiene un carbono 5' y el otro (el extremo 3') tiene un carbono 3' que no está unido a otro nucleótido.



9.2.3 Funciones de los nucleótidos nucleicos.

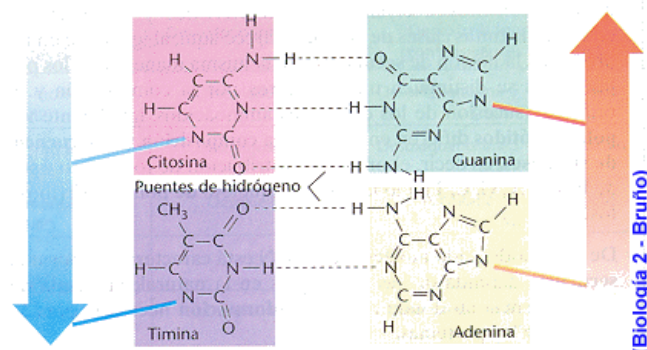
La función principal de los desoxirribonucleótidos es ser la unidad monomérica del DNA, y por ello es infrecuente encontrar desoxirribonucleótidos libres en la célula. Los ribonucleótidos además de ser las unidades monoméricas del RNA, tienen funciones celulares muy importantes en el metabolismo celular, y en ellas nos referiremos cuando hablemos de las funciones biológicas de los nucleótidos.

9.2.4 Funciones de los nucleótidos no nucleicos.

- **Función energética.** Los ribonucleótidos pueden presentar uno, dos o tres grupos fosfatos unidos por enlace covalente al grupo 5' de la Ribosa. Se les conoce así como nucleótidos mono, di o trifosfato. La función celular más importante es la de proporcionar la energía metabólica necesaria para llevar a cabo las reacciones bioquímicas de la célula. La hidrólisis enzimática de los grupos fosfato se acopla a reacciones **endergónicas** proporcionándoles la **espontaneidad** suficiente para llevarse a cabo. La base nitrogenada unida a la correspondiente pentosa es la que sirve de sitio de reconocimiento al enzima. La molécula más conocida en este sentido es el **ATP**, conocido como "moneda" energética celular. Los demás ribonucleótidos están principalmente implicados en otras funciones metabólicas.
- **Función estructural.** El ácido fosfórico es capaz de formar ésteres con una misma molécula de Ribosa en las posiciones 3' y 5'. Los nucleótidos así formados reciben el nombre de nucleótidos cíclicos, como el AMPc o el GMPc. La función fisiológica de estos nucleótidos es la de servir de segundos mensajeros celulares, transformando una señal hormonal o nerviosa externa, en una señal intracelular. En general tienen funciones activadoras del metabolismo en general y de la biosíntesis proteíca, siendo estos efectos de acción a medio/largo plazo.
- **Función coenzimática.** Las coenzimas nucleotídicas son agentes metabólicos muy importantes, si están unidos covalentemente al apoenzima actuarán como grupo **prostético**, y si la unión es débil actuarán como cofactores. Hay cofactores mononucleotídicos (como el FMN) o dinucleotídicos (NADP, NAD, FAD, CoA). Todos ellos tienen una porción de AMP que servirá de sitio de unión enzimático.

9.3 Enlaces entre ácidos nucleicos.

Está formado por la unión de muchos desoxirribonucleótidos. La mayoría de las moléculas de ADN poseen dos cadenas antiparalelas (una 5'-3' y la otra 3'-5') unidas entre sí mediante las bases nitrogenadas, por medio de puentes de hidrógeno.



La adenina enlaza con la timina, mediante dos puentes de hidrógeno, mientras que la citosina enlaza con la guanina, mediante tres puentes de hidrógeno.

El ADN es el portador de la información genética, se puede decir por tanto, que los genes están compuestos por ADN.

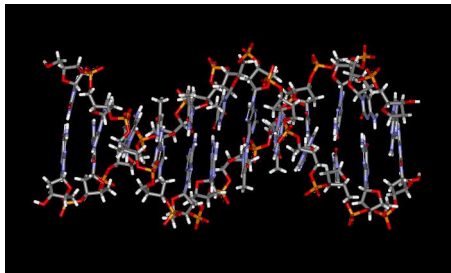
9.4.1 Estructuras de ADN.

Estructura primaria:

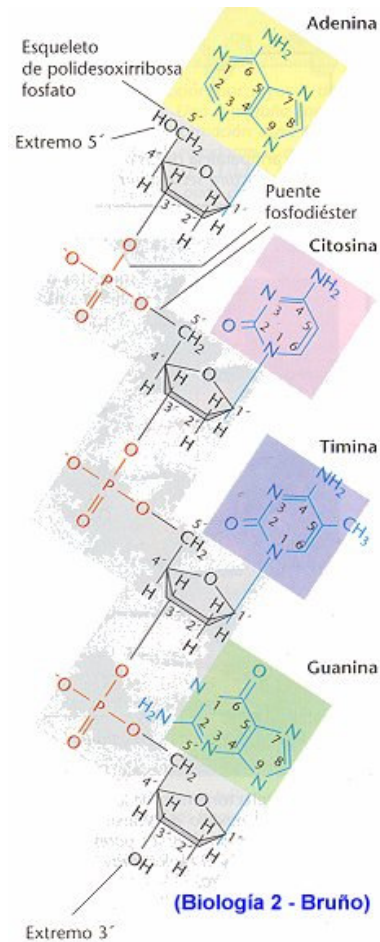
Se trata de la secuencia de desoxirribonucleótidos de una de las cadenas de ADN. En este tipo de cadenas solo se pueden encontrar estos tipos nucleótidos: Adenina, Citosina, Timina y Guanina.

Estructura secundaria:

Es una estructura en doble hélice. Permite explicar el almacenamiento de la información genética y el mecanismo de duplicación del ADN. Fue postulada por Watson y Crick, basándose en la **difracción** de rayos X que habían realizado Franklin y Wilkins y...



... en la equivalencia de **bases de Chargaff**, que dice que la suma de adeninas más guaninas es igual a la suma de timinas más citosinas.



Estructura primaria del ADN.

Es una cadena doble, dextrógira o levógira, según el tipo de ADN. Ambas cadenas son complementarias, pues la adenina de una se une a la timina de la otra, y la guanina de una a la citosina de la otra. Ambas cadenas son **antiparalelas**, pues el extremo 3' de una se enfrenta al extremo 5' de la otra.

Estructura terciaria:

Se refiere a cómo se almacena el ADN en un volumen reducido. Varía según se trate de organismos procariontes o eucariontes:

- En procariontes se pliega como una super-hélice en forma, generalmente, circular y asociada a una pequeña cantidad de proteínas. Lo mismo ocurre en la mitocondrias y en los **plastos**.
- En eucariontes el empaquetamiento ha de ser más complejo y compacto y para esto necesita la presencia de proteínas, como son las **histonas** y otras de naturaleza no histona (en los espermatozoides las proteínas son las protaminas). A esta unión de ADN y proteínas se conoce como cromatina, en la cual se distinguen diferentes niveles de organización: nucleosoma, collar de perlas, fibra cromatínica, bucles radiales y cromosoma.

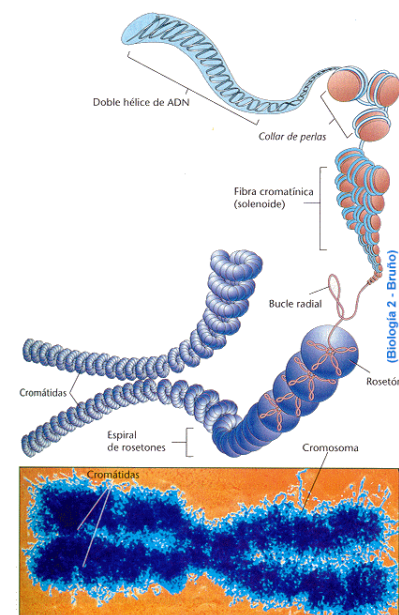
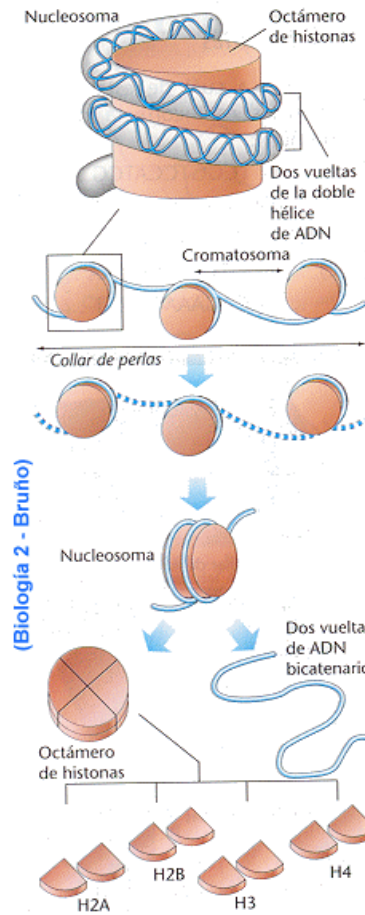
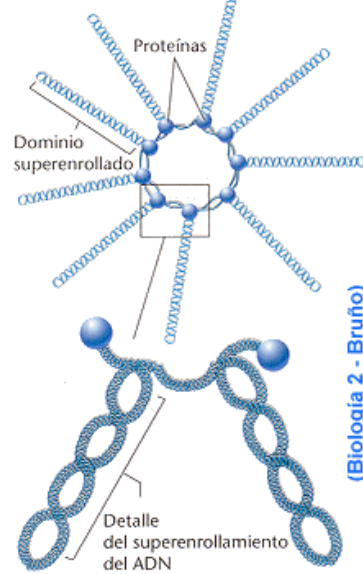
Estructura terciaria del ADN y proceso de enrollamiento para su autoduplicación.



Doble hélice circular de ADN



Torsiones en la doble hélice



9.4.2 Modelos de ADN.

Existen tres modelos de ADN:

La forma B: que es la que acabo de exponer, con dos cadenas antiparalelas una 3'5' y otra 5'3'. El enrollamiento es dextrógiro y **plectonómico** o trenzadas (una gira respecto a otra). La secuencia de bases complementarias son $A = T$ y $C = G$, se unen por puente de hidrógeno entre los grupos polares de las bases.

La forma A: se observa cuando hay una menor humedad ambiental, los pares de bases están inclinados respecto al eje de la hélice.

La forma Z: en ella el enrollamiento no es regular y tiene aspecto de zig-zag; la hélice es levógira.

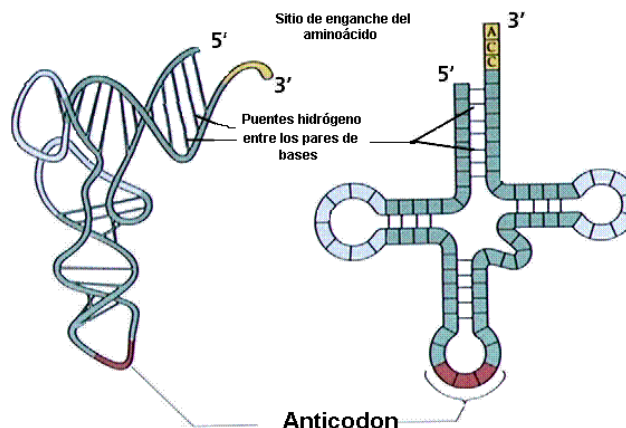
Parece ser que determinadas secuencias de bases son las responsables del cambio de sentido en el enrollamiento de la hélice, por lo que la secuencia de bases influiría no solamente sobre la expresión de los genes sino también sobre su control. De este modo las regiones del ADN con hélice podrían ser señales de reconocimiento específicas en los procesos de transcripción y autoduplicación del código genético.

9.5.1 Estructura de Ácido Ribonucleico o ARN.

Está formado por la unión de muchos ribonucleótidos, los cuales se unen entre ellos mediante enlaces fosfodiéster en sentido 5'-3' (igual que en el ADN).

Están formados por una sola cadena, a excepción del ARN bicatenario de los **reovirus**.

- **Estructura primaria:**
Al igual que el ADN, se refiere a la secuencia de las bases nitrogenadas que constituyen sus nucleótidos. La Timina es sustituida por el Uracilo.
- **Estructura secundaria:**
Alguna vez, en una misma cadena, existen regiones con secuencias complementarias capaces de aparearse.
- **Estructura terciaria :**
Es un plegamiento complejo de la estructura secundaria.



9.5.2 Clasificación de los ARN.

Para clasificarlos se adopta la masa molecular media de sus cadenas, cuyo valor se deduce de la velocidad de sedimentación. La masa molecular y por tanto sus dimensiones se miden en Svedberg (S). Según esto tenemos:

ARN mensajero (ARN_m).

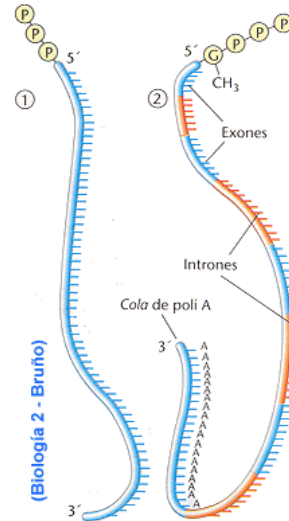
Peso molecular entre 100000 y 1000000 **daltons**, sólo con estructura primaria. Tienen aspecto filamentosos, transporta la información de ADN nuclear para la síntesis de proteínas.

En los procariotas los ARN_m poseen en el extremo 5' un grupo trifosfato. En los eucariotas, los ARN_m tienen en 5' una "caperuza" compuesta por un residuo de metilguanosa, unida al grupo trifosfato y en el extremo 3' presenta una "cola" formada por un fragmento de unos 200 nucleótidos de adenina (**poli - A**).

- Cada ARN_m tiene información para sintetizar una proteína determinada.
- Su vida media es corta.

En los ARN_m de eucariontes se puede distinguir también:

- Exones, secuencias de bases que codifican proteínas.
- Intrones, secuencias sin información.



ARN mensajeros (ARN_m) de procariotas (bacterias) (1) y de eucariotas (2).

Un ARN_m de este tipo ha de madurar (eliminación de intrones) antes de hacerse funcional. Antes de madurar, el ARN_m recibe el nombre de ARN **heterogeneonuclear**.

ARN ribosómico (ARN_r).

Sus principales características son:

- Cada ARN_r presenta cadena de diferente tamaño, con estructura secundaria y terciaria.
- Forma parte de las subunidades ribosómicas cuando se une con muchas proteínas.
- Están vinculados con la síntesis de proteínas.

Tienen una estructura acanalada, con hendiduras o sitios capaces de albergar simultáneamente a una molécula de ARN y a los distintos aminoácidos unidos al ARN_t que participan en la síntesis de una cadena polipeptídica.

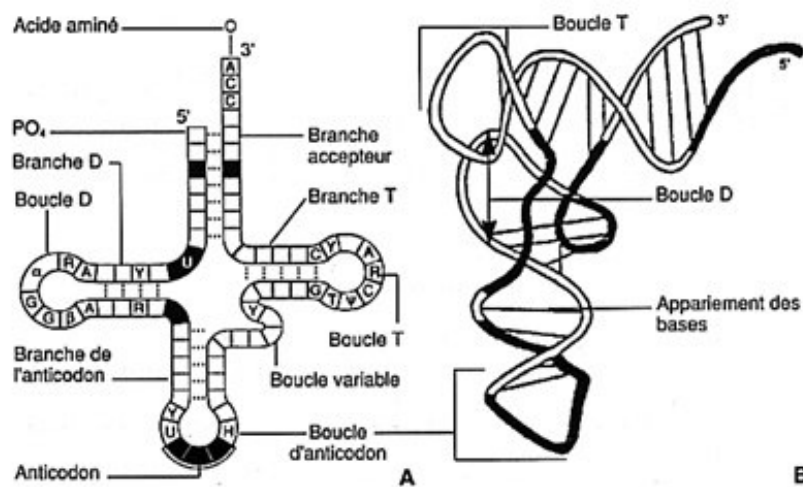
ARN heterogéneo nuclear (ARN_{hn}).

Se localiza en el núcleo. Presenta una gran variedad de tamaños, de ahí a su nombre. Es el **precursor** de los ARN_m, en los que se transforma después de un proceso de maduración mediante el cual se eliminan secuencias de nucleótidos no codificantes.

ARN transferente (ARNt).

Sus principales características son:

- Son moléculas de pequeño tamaño (80 a 100) nucleótidos con un peso molecular del orden de 25000 D.
- Poseen en algunas zonas estructura secundaria, lo que va hacer que en las zonas donde no hay bases complementarias adquieran un aspecto de bucles, como una hoja de trebol.
- Los plegamientos se llegan a hacer tan complejos que adquieren una estructura terciaria
- Su misión es unir aminoácidos y transportarlos hasta el ARN_m para sintetizar proteínas.



- ✚ En 5' guanidina con P. libre.
- ✚ Brazo D, cuya secuencia es reconocida de manera específica por uno de los 20 enzimas llamados aminoacil-ARNt sintetasa, encargados de unir cada aminoácido con su correspondiente molécula de ARNt.
- ✚ En 3' todos los ARNt poseen la secuencia CCA cuyo OH terminal sirve de lugar de unión al aminoácido.
- ✚ Bucle TWc, que actúa como lugar de reconocimiento del ribosomas.
- ✚ El bucle ANTICODÓN con sus tres bases.

ARN nucleolar (ARNn).

Se localiza en el nucleolo, en realidad no es más que el precursor de diferentes tipos de ARNr.

9.5.3 Síntesis y localización de los ARN.

En la célula eucarionte los ARN se sintetizan gracias a tres tipos de enzimas:

- **ARN polimerasa I:** localizada en el nucleolo y se encarga de la síntesis de los ARN_r 18 S, 58 S y 28 S.
- **ARN polimerasa II:** localizada en el nucleoplasma y se encarga de la síntesis de los ARN_{hn}, es decir de los precursores de los ARN_m
- **ARN polimerasa III:** localizada en el nucleoplasma y se encarga de sintetizar los ARN_r 5 S y los ARN_m.

9.6 Diferencias entre el ADN y el ARN.

- ✚ El peso molecular del DNA es generalmente mayor que el del ARN.
- ✚ El azúcar del RNA es **ribosa**, y el del ADN es **desoxirribosa**.
- ✚ El RNA contiene la base nitrogenada **uracilo**, mientras que el DNA presenta **timina**.
- ✚ La configuración espacial del ADN es la de un doble helicoide, mientras que el ARN es un polinucleótido lineal, que ocasionalmente puede presentar apareamientos intracatenarios.

9.7 Funciones biológicas de los ácidos nucleicos.

- El ADN es el material del que están formados los genes y contiene la información necesaria que permite la síntesis de todas las proteínas de un organismo. Pero esta información se tiene que descodificar para poder ser utilizada por la célula, este proceso se realiza en dos fases:

TRANSCRIPCIÓN: ADN → ARN_m
TRADUCCIÓN: ARN_m + ARN_t → proteínas.

Dogma central de la Biología

- **Autoduplicación:** Mediante mecanismos de síntesis se dotan a las células hijas de la información genética adecuada para que los caracteres se pasen de generación en generación.
- **Funciones biológicas del ADN y el ARN.**
El **ADN** es el portador de la información genética. Está protegido en el núcleo en las células eucarióticas y en las procarióticas se encuentra en el protoplasma.
El **ARN** y sus diferentes tipos intervienen en la transcripción y la traducción de la información genética.

9.8.1 Transcripción del código genético en los eucariotas.

Recuerda que los genes de los procariotas son unidades continuas, mientras que los de los eucariotas están fragmentados (exones e intrones); solo un 10% del genoma se transcribe, el resto es “chatarra genética”.

Aunque es un proceso continuo se suelen destacar una serie de fases para hacer más comprensible este proceso.

INICIACIÓN:

El “promotor”, formado por una secuencia rica en T y A se encuentra localizado unos 30 nucleótidos “curso arriba” del comienzo del gen; esta secuencia TATATA lo consideran algunos autores como una especie de caja reconocible por el **ARN polimerasa II** de manera que la “TATA box” indica al enzima que la **transcripción** comienza 30 nucleótidos más abajo en la dirección 5’.

ELONGACIÓN:

El ARN polimerasa se acopla a una de las cadenas de ADN y desarrolla una vuelta de hélice, así queda al descubierto la hebra patrón. El enzima se desplaza por la hebra en sentido 3’-5’ mientras que la cadena de ARNm se va formando en sentido 5’-3’ antiparalela, conforme se adicionan ribonucleótidos. A medida que el enzima se desplaza, el ADN recupera su posición original en la doble hélice.

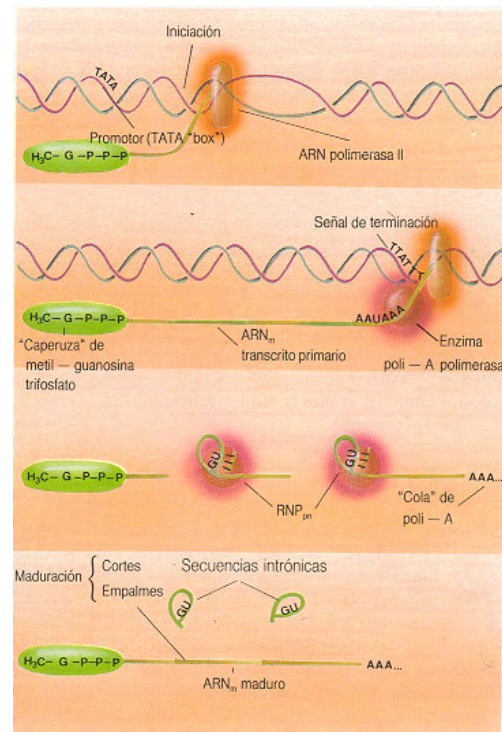
Cuando se han transcrito 30 bases del gen, al ARNm se le añade en 5’ una “caperuza” compuesta por un resto de guanosina **metilada** unida a un grupo trifosfato, esto le sirve para que los ribosomas “sepan” el lugar de inicio de la traducción. La velocidad es de unos 30 nucleótidos por segundo: retranscriben tanto los exones como los intrones.

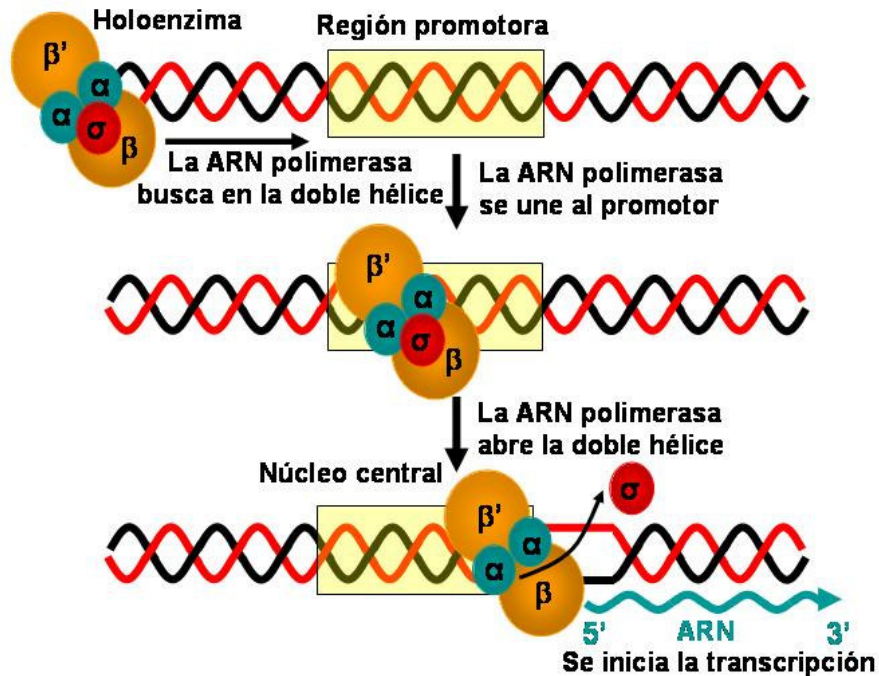
TERMINACIÓN:

El proceso finaliza cuando el ARN polimerasa II transcribe la secuencia TTATTT (el ARNm será AAUAAA). Inmediatamente después actúa el poli-A polimerasa que adiciona en el extremo 3’ del ARNm una cola de poli-A (150-200 ribonucleótidos de A), que intervienen en la maduración y en el transporte del ARNm. Este ARNm se denomina “primario”.

MADURACIÓN:

Se eliminan los intrones que se enrollan y no codifican; posteriormente los exones se unen entre sí. Esto se debe a la acción de la Ribonucleoproteína pequeño-nucleolar “RNPpn” contiene pequeñas moléculas de ARN-U y que es capaz de realizar los cortes en el ARNm; el empalme de los trozos resultantes se hace mediante enzimas ligasas específicos.





9.8.2 Traducción del código genético.

Esta fase también puede ser denominada como biosíntesis de las proteínas.

A través de los ARNm se llevan mensajes a los ribosomas, donde tienen lugar la traducción de la información escrita en el lenguaje de los ácidos nucleicos combinación de las 4 letras ACTG que representan las correspondientes bases nitrogenadas. Los ribosomas leen la secuencia de bases de los ARNm y los traducen en secuencias de aminoácidos de las proteínas.

Tres bases del ARNm constituyen un triplete o **CODÓN**, que representan palabras de tres letras en el idioma de los ácidos nucleicos, cada triplete hace referencia a un aminoácido. La correspondencia entre tripletes y aminoácidos constituye el código o clave genética, que viene a ser una especie de diccionario molecular que permite traducir el idioma de los genes al de las proteínas.

Papel de los ARNt en la biosíntesis:

La descodificación requiere que la secuencia de bases del ARNm determine la secuencia de aminoácidos de la proteína. Los encargados de mantener esa correspondencia entre aminoácidos y ARNm son los ARNt, ya que estos se unen a los aminoácidos y a los codones de ARNm mediante los **anticodones** (tres nucleótidos del ARNt complementarios del codón).

En una primera fase los ARNt se cargan con sus respectivos aminoácidos gracias a la **R-aminoacil sintetasa**. En una segunda fase cada ARNt “cargado” se une mediante su anticodon al codon del ARNm. Para que esto ocurra es imprescindible el concurso del ribosoma que interviene como adaptador de los ARN.

Existen codones sinónimos que codifican el mismo aminoácido y también existen tripletes sin sentido que indican el final de la traducción.

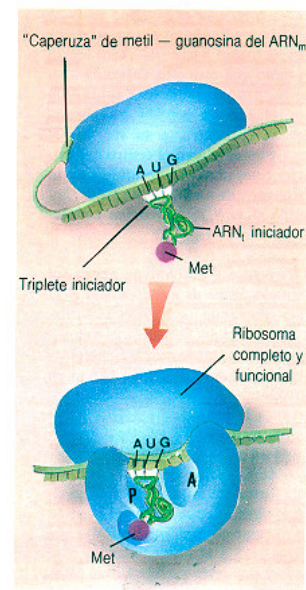
		Segunda letra				
		U	C	A	G	
Primera letra	U	UUU } Phe UUC } UUA } Leu UUG }	UCU } UCC } Ser UCA } UCG }	UAU } Tyr UAC } UAA Stop UAG Stop	UGU } Cys UGC } UGA Stop UGG Trp	U C A G
	C	CUU } CUC } Leu CUA } CUG }	CCU } CCC } Pro CCA } CCG }	CAU } His CAC } CAA } Gin CAG }	CGU } CGC } Arg CGA } CGG }	U C A G
	A	AUU } AUC } Ile AUA } AUG Met	ACU } ACC } Thr ACA } ACG }	AAU } Asn AAC } AAA } Lys AAG }	AGU } Ser AGC } AGA } Arg AGG }	U C A G
	G	GUU } GUC } Val GUA } GUG }	GCU } GCC } Ala GCA } GCG }	GAU } Asp GAC } GAA } Glu GAG }	GGU } GGC } Gly GGA } GGG }	U C A G

9.8.3 Síntesis proteica.

1. Iniciación de la síntesis proteica.

Hacen falta dos señales de iniciación para que comience la síntesis de proteínas: el triplete iniciador AUG que codifica para la metionina y la “caperuza” de metil – guanosina del ARNm; de tal manera que la traducción comienza por el triplete AUG más próximo a la caperuza.

Posteriormente la subunidad menor del ribosoma se une con el ARNm en la zona próxima a la caperuza (extremo 5') FORMANDO EL COMPLEJO DE INICIACIÓN. Esta subunidad aporta el ARNt iniciador que está cargado con metionina. Todas las proteínas recién sintetizadas poseen metionina en su extremo; posteriormente puede perder este aminoácido. Todo esto necesita la presencia de un factor de iniciación FI y la energía dada por la hidrólisis del GTP. Al final de la etapa de iniciación se liberan los factores FI y dejan paso a la subunidad mayor del ribosoma, esta se acopla al complejo de iniciación para formar un ribosoma



Iniciación de la traducción.

completo dotado de dos hendiduras o sitios de fijación; el sitio P, que queda ocupado por el ARNt^{Met} y el sitio A que está libre para recibir a un segundo ARNt cargado con su correspondiente aminoácido.

2. Elongación de la cadena polipeptídica.

Se podría definir como la unión sucesiva de aminoácidos que se añaden a la cadena polipeptídica en el seno de los ribosomas.

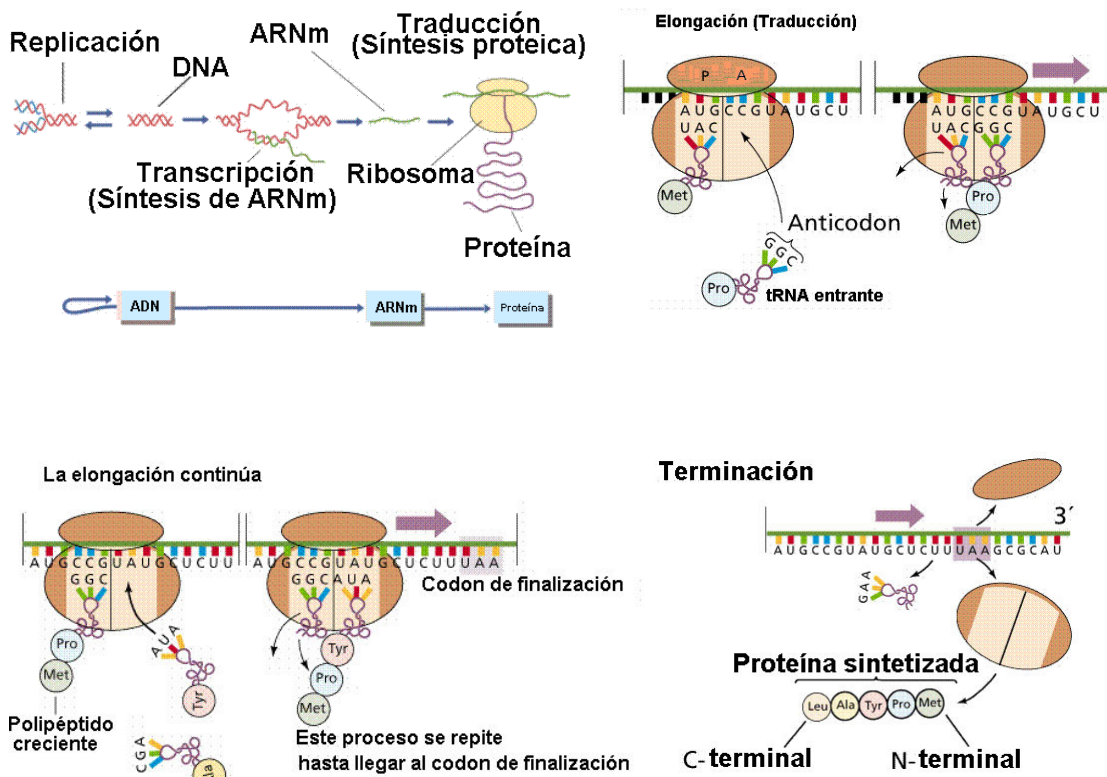
Se hace en ciclos de tres fases:

1. El sitio P está ocupado inicialmente por el ARNt^{Met}; en el sitio A que estaba vacío se introduce un ARNt cuyo anticodon es complementario de la siguiente tripleta; interviene el factor de **elongación** FE-1, la energía para el proceso se obtiene de la hidrólisis del GTP.
2. La metionina unida mediante su grupo carboxilo COOH al ARNt, rompe su enlace y se vuelve a asociar mediante un enlace peptídico con el NH₂ del segundo aminoácido. Este paso está catalizado por la peptidil – transferasa, que está asentada en el ribosoma. De esta manera se forma un dipéptido.
3. Interviene un segundo factor de elongación FE-2 que, utilizando la energía suministrada por el GTP, obliga a los ribosomas a desplazarse exactamente tres nucleótidos a lo largo del ARNm (sentido 5' – 3'). Esto obliga a la expulsión del ARNt^{Met} del sitio P. De la misma manera el complejo peptidil – ARNt – ARNm va del sitio A al P. Así pues el sitio A está vacante y dispuesto a recibir otro ARNt.

3. Terminación de la síntesis proteica.

La síntesis de la cadena polipeptídica se detiene cuando, en el momento de producirse la última *traslocación*, aparece en el sitio A, uno de los tres codones de terminación (UAA, UAG, UGA). En este momento un factor protéico de terminación RF se une al codón de terminación e impide que algún ARNr- aminoacil se aloje en el sitio A, por lo que el peptidil transferasa se ve obligado a catalizar la transferencia de la cadena polipeptídica a una molécula de agua.

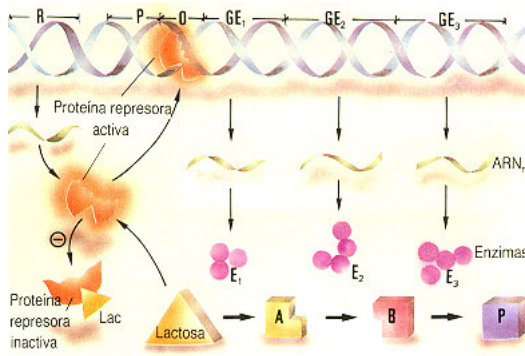
Imágenes del proceso de síntesis proteica al completo.



9.8.4 Regulación de la expresión génica.

En los años 60 del siglo pasado Jacob y Monod propusieron un modelo denominado operón para la regulación de la expresión génica en las bacterias.

Un operón es un conjunto de genes que codifican proteínas que a su vez intervienen en una ruta metabólica. En cada operón se pueden encontrar genes reguladores, genes estructurales, la zona del promotor y la zona del operador.



GE1, GE2, GE3 → codifican para la síntesis de proteínas (enzimáticas o reguladoras).

R → codifican para la síntesis de una **proteína represora** que se puede encontrar de forma activa o inactiva y es el agente que controla materialmente la expresión.

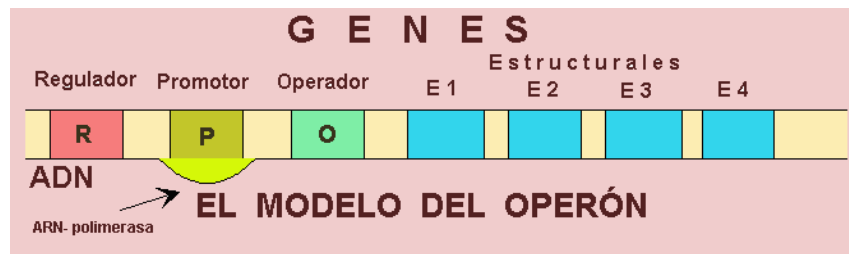
P → Promotor, es la zona que se une al ARN polimerasa y decide el inicio de la transcripción.

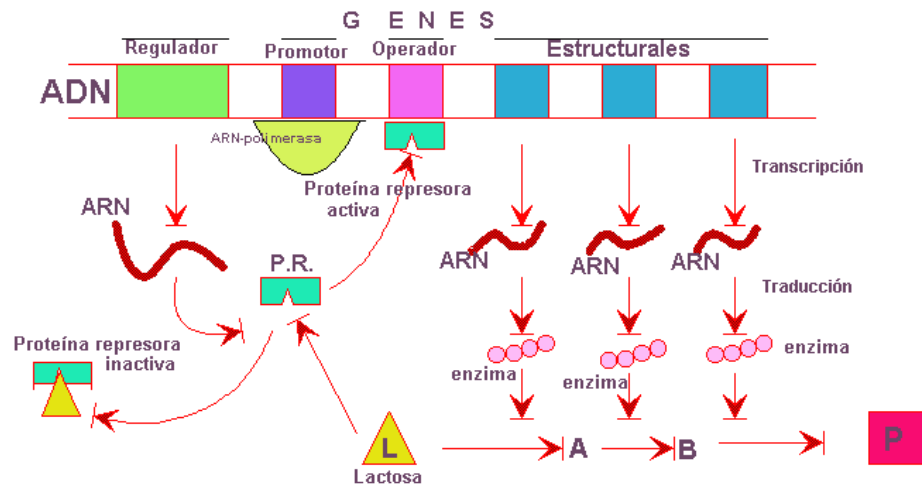
O → **Operador**. Región entre el promotor y los genes estructurales que posee una secuencia característica reconocida por la proteína represora activa: Cuando se bloquea el operador con la proteína represora, impide el avance del ARN polimerasa y la transcripción se interrumpe, (represión génica).

Si la bacteria necesita sintetizar proteínas debe separar el operador del represor y utiliza dos caminos: la inducción enzimática y la represión enzimática. En el esquema anterior se representa la inducción enzimática (operón LAC): La lactosa inhibe a la proteína represora y entonces la zona del operador queda libre y por lo tanto se sintetizan los enzimas que degradan la lactosa.

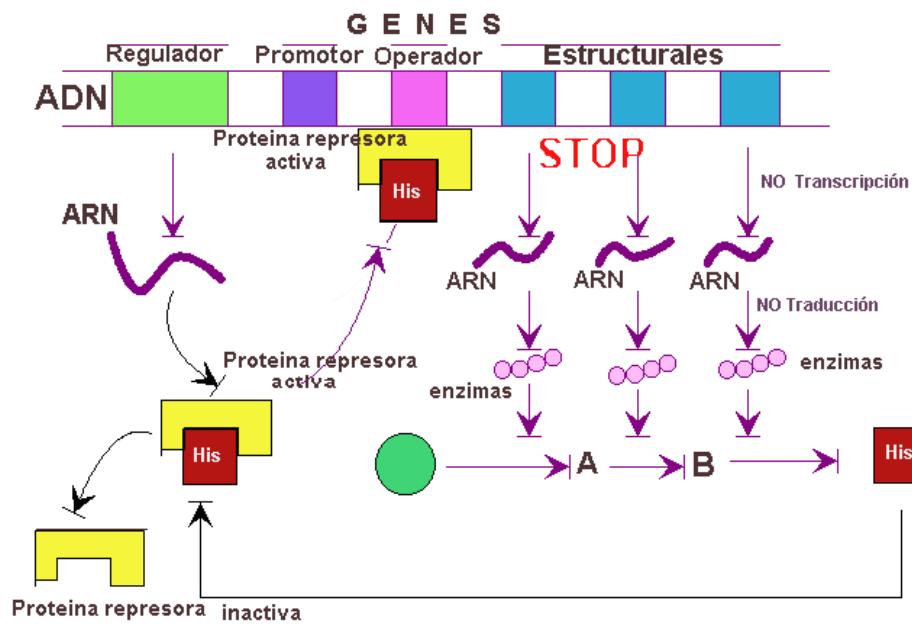
Si no hay lactosa en el medio ¿Para qué necesita la bacteria los enzimas que degradan la lactosa?

En la represión enzimática (operón HIS de **histidina**) se sintetiza un represor que es inactivo, esto implica que los genes se expresan y se fabrica la histidina. Cuando hay en exceso, sus moléculas se unen a la proteína represora y la activa con lo cual se bloquea el operador y se reprimen los genes. Si disminuye la histidina en el medio se desactiva el represor y los genes se expresan de nuevo.





Operón LAC



Operón HIS

9.9.1 Biosíntesis del ADN.

Toda la información genética debe transmitirse a la descendencia y esto se lleva a cabo en la duplicación del ADN. Proceso que permite a las células hijas contener la misma información genética que la célula madre del ADN.

La esencia de la duplicación está en la complementariedad de bases $C \rightarrow G$ y $A \rightarrow T$.

Duplicación del ADN en bacterias (*E. coli*) en tres etapas:

1. Desenrollamiento y apertura de la doble hélice.

La doble hélice se abre como una cremallera por acción del enzima HELICASA, aunque para facilitar este fenómeno también intervienen GIRASAS y TOPOISOMERASAS, que eliminan las tensiones que se generan cuando se desenrolla el ADN.

La separación de las cadenas comienza en puntos concretos del cromosoma denominados orígenes de replicación, a partir de ellos se forman las burbujas de replicación que se extienden y dan lugar a las horquillas de replicación (forma de Y), donde las dos hebras actúan como patrones para la síntesis de dos nuevas cadenas de ADN.

2. Síntesis de dos nuevas cadenas de ADN.

Los enzimas recorren la hebra molde y seleccionan en cada momento el desoxirribonucleótido fosfato cuya base es la complementaria a la base molde. Si el nucleótido seleccionado es el complementario cataliza su hidrólisis, separando un resto pirofosfato (PP) del nucleótido monofosfato que se incorpora a la cadena de ADN en formación mediante el enlace fosfodiéster. Radwan y R. Wagner lo resume muy ingeniosamente con esta frase:

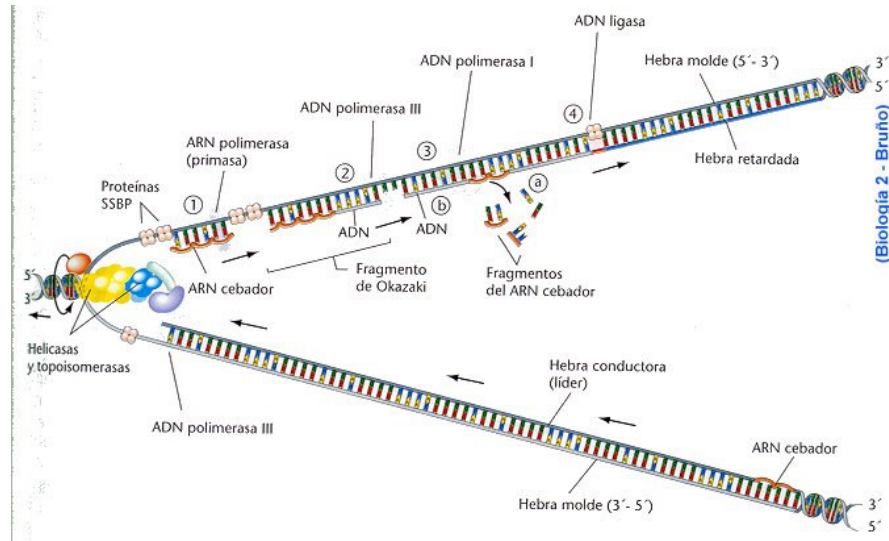
“ El ADN polimerasa sería como un cocinero ciego que toma los ingredientes al azar, saborea cada uno y decide si lo vierte en la sopa o lo devuelve a la alacena”

Además de polimerizar, el ADN polimerasa es autocorrector ya que cada vez que incorpora uno “mira hacia atrás” y si no es el correcto se convierte en una exonucleasa eliminando el erróneo e incorporando el adecuado (AUTOCORRECCIÓN) El ADN polimerasa debe resolver dos problemas relacionados con su actividad catalítica:

En primer lugar, el ADN polimerasa solo “sabe” leer las secuencias de las hebras molde en el sentido $3' \rightarrow 5'$, mientras que las nuevas cadenas se sintetizan y crecen en sentido $5' \rightarrow 3'$; por lo tanto, de las dos hebras molde de ADN, la que está orientada en el sentido $3' \rightarrow 5'$ es copiada de manera continua por este enzima y la nueva réplica, que crece en el sentido $5' \rightarrow 3'$ recibe el nombre de **hebra conductora**. Sin embargo, la otra hebra molde, al ser antiparalela y estar en sentido $5' \rightarrow 3'$ no puede leerse directamente por el ADN polimerasa; este problema se soluciona mediante la síntesis de pequeños fragmentos de ADN, denominados **fragmentos de Okazaki** que crecen en sentido $5' \rightarrow 3'$ y que posteriormente se

suelan y forman la **hebra retardada** que tarda más en sintetizarse ya que los enzimas necesitan que la horquilla esté abierta.

El ADN polimerasa es incapaz de iniciar por si solo la síntesis de una nueva cadena de ADN y necesita un ARN cebador que actúa como iniciador de las réplicas y se elimina posteriormente del ADN formado.

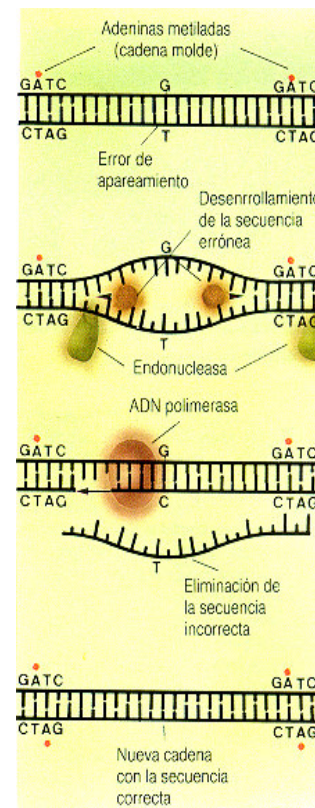


3. Corrección de errores.

La actividad autocorrectora **exonucleásica** de la ADN polimerasa es un buen mecanismo de prevención de errores pero aun así se comete un error de apareamiento por cada $10 \cdot 10^6$ bases, así pues este mecanismo puede ser eficaz en bacterias, pero es insuficiente en genoma humano con $3 \cdot 10^9$ pares de bases.

De cualquier manera se ha descrito un mecanismo de **corrección POSTREPLICATIVA** que da lugar a un error por cada $10.000 \cdot 10^6$, esta corrección se realiza gracias a un complejo de enzimas que detecta el nucleótido mal emparejado, lo elimina y regenera la secuencia del siguiente modo:

- ❖ Se corta un trozo comprendido entre dos GATC contiguas que contengan el error. Detecta la cadena errónea de la patrón porque las secuencias GATC no tienen las bases metiladas hasta que pasa un cierto tiempo.
- ❖ Actúa una **ENDONUCLEASA** que corta la cadena en el lugar exacto del nucleótido mal emparejado.
- ❖ La **ADN polimerasa** regenera la secuencia correcta y rellenan el hueco tomando como molde el ADN parental. Se elimina el trozo erróneo y la **ADN polimerasa** fabrica la secuencia correcta; después actúa una **ligasa** empalmado la cadena.



9.9.2 Mutaciones génicas o puntuales.

A pesar de todos los sistemas preventivos que existen, de vez en cuando se produce algún error en la réplica bien por colocarse una C en vez de una T, o una A en lugar de una G o bien porque el mecanismo de replicación se salta unas pocas de bases y aparecen mellas en la copia. Estos errores se denominan mutaciones génicas y se transmiten a todas las células descendientes.

Si la mutación afecta a los intrones.... no ocurre nada, pero si afecta a los exones se puede modificar la secuencia de aminoácidos de las proteínas. Si el nuevo aminoácido tiene las mismas propiedades que el original no habrá una desorganización funcional de la célula; pero si las propiedades de la nueva proteína son radicalmente distintas podría ocurrir que los centros activos de la proteína sean distintos y así la proteína pierde su configuración espacial y funcionalidad biológica.

Es posible que la mutación mejore un gen que mejore la eficiencia de un enzima, en este caso se selecciona y a la larga es posible que quede presente en el “gen pool” de la especie. Las mutaciones génicas pueden aparecer espontáneamente o ser inducidas por agentes físicos y químicos que se denominan mutágenos.

9.9.3 Agentes mutágenos.

A los mutágenos naturales (metabolitos, T°C etc.) hay que añadir los derivados de costumbres nocivas (tabaco, alcohol, aditivos, pesticidas etc.)

Efecto de la temperatura: Por efecto del calor se pierden diariamente unas 5000 bases púricas (*despurinización*); también ocurren *desaminaciones* espontáneas transformando la citosina en uracilo y la adenina en hipoxantina.

Efecto de la radiación ultravioleta: Forma un enlace covalente entre dos bases pirimidínicas sucesivas en la misma cadena lo que da lugar a la formación de dímeros de timina y dímeros de citosina, esto provoca la desorganización del ADN.

Efecto de metabolitos reactivos: Se forman los AGE (productos de la *glicoxilación* avanzada), se forman gracias a que la glucosa se asocia a los grupos amino de las proteínas y de las bases del ADN; esto provoca errores en la replicación, reparación y transcripción. Esto también se ha observado en el ADN de las mitocondrias.

Efecto de las radiaciones ionizantes: Son rayos gamma, rayos X, flujos de neutrones y protones (de reactores nucleares); ionizan las moléculas que pueden alterar el ADN nuclear. Las consecuencias son derivadas de la intensidad y del tiempo de exposición ya que los efectos son acumulativos. Ejemplos: bomba de cobalto que actúa sobre células en metafase de los tumores cancerígenos. Explosiones atómicas (Hiroshima Nagasaki en la 2 guerra mundial). Desastres nucleares como el del Chernobil, etc. En mujeres embarazadas estas radiaciones provocan efectos teratógenos.

Efectos de las radiaciones corpusculares: Partículas alfa y beta. En los accidentes de centrales atómicas se liberan estas partículas gracias a que el I^{131} , el Sr^{90} y el Cs^{137} se incorporan a las redes tróficas y acaban en nuestros tejidos.

Efectos de sustancias químicas: Son de uso habitual en la alimentación y sus mecanismos de acción no están todavía claros. Benzopirenos, que forman enlaces

covalentes entre las dos hebras de ADN. Ácido nitroso que desamina la citosina y el uracilo. Agentes alquilantes como la dimetilguananosina (gas mostaza) que introducen grupos metilo y etilo entre las bases del ADN.

9.9.4 Sistemas de reparación del ADN.

Las células tienen que responder a las continuas agresiones a su ADN, para ello disponen de un complejo sistema de defensa destinado a reparar los daños causados por los agentes mutágenos y restablecer la integridad de su estructura génica. Estos mecanismos se agrupan en tres sistemas:

Sistemas enzimáticos que actúan sin romper el ADN:

Mediante este sistema se reparan los errores producidos por la acción de la radiación ultravioleta (formación de dímeros). Consiste en la activación de un enzima fotorreactivo que palia los errores producidos por la radiación UV.

Sistemas enzimáticos que actúan con rotura del ADN:

En primer lugar interviene una endonucleasa que reconoce la lesión (dímeros, bases con grupos metilo o etilo, bases d, bases despurinizadas), el enzima hace dos incisiones en la hebra de ADN afectada y separa el fragmento donde estaba el error. Después interviene una ADN polimerasa que rellena el hueco, colocando la base adecuada gracias a la lectura de la hebra complementaria y por último una ligasa une los extremos del nuevo fragmento con la secuencia correcta. Por último interviene una ligasa que une los extremos del segmento nuevo a las hebras del ADN que se está reparando.

SISTEMAS DE REPARACIÓN S.O.S. :

A veces cuando el ADN está sometido a la acción de agentes mutágenos prolongadamente el número de errores puede ser fatal, hasta tal punto que los sistemas anteriormente descritos no son suficientes para paliar el error. En este caso, la célula, para evitar la muerte desbloquea la reparación mediante el mecanismo SOS que permite a la ADN polimerasa ser menos exigente y perfeccionista e introduce un nucleótido cualquiera para evitar que el mecanismo de traducción y transcripción se bloquee. La célula es consciente de que se ha producido una mutación puntual, pero esto es preferible a detener la maquinaria metabólica celular. Este tipo de reparaciones, por consiguiente, provoca la aparición de **mutaciones puntuales**.

GLOSARIO

- Acreción:** Crecimiento por adición de materia, como en los depósitos minerales o los continentes.
- Aldehído:** grupo funcional presente sobretodo en glúcidos compuestos por un carbono que tiene un enlace con un Hidrógeno y un doble enlace con un Oxígeno.
- Alifático:** Dicho de un compuesto orgánico: Cuya estructura molecular es una cadena abierta.
- Alostérico:** un sitio distinto del sitio activo de la enzima.
- Analogía:** Semejanza entre partes que en diversos organismos tienen una misma posición relativa y una función parecida, pero un origen diferente.
- Análogo:** Que tiene analogía con algo.
- Anfótero:** Se dice de las moléculas que pueden reaccionar como ácido o como base.
- Anómero:** Diastereoisómeros de glicósidos o hemi(a)cetales que difieren en la configuración sólo del C-1 en una aldosa, el C-2 de una 2-cetosa, etc.
- Antígeno:** Sustancia que, introducida en un organismo animal, da lugar a reacciones de defensa, tales como la formación de anticuerpos.
- Antiparalela:** Cadenas paralelas en la que una va en sentido contrario a la otra.
- Apoenzima:** La apoenzima es la parte proteica de una enzima, desprovista de los cofactores o coenzimas que puedan ser necesarios para que la enzima sea funcionalmente activa y constituya la holoenzima.
- Apolar:** Que carece de polaridad.
- ATP:** Adenosín Trifofato.
- Base nitrogenada:** Son compuestos orgánicos cíclicos, que incluyen dos o más átomos de nitrógeno. Siendo parte fundamental de los nucleósidos, nucleótidos y ácidos nucleicos.
- Bases de Chargaff:** Bases nitrogenadas de la cadena de ADN.
- Cadena hidrocarbonada:** Una secuencia de carbonos e hidrógenos enlazados. Típica de los lípidos.
- Cartilago:** Tejido esquelético flexible de los vertebrados y algunos invertebrados, formado por grupos aislados de células incluidos en una matriz de colágeno.
- Catalizador:** Cuerpo capaz de catalizar.
- Catalizar:** Favorecer o acelerar el desarrollo de un proceso químico.
- Catenario:** Perteneciente o relativo a la cadena.
- Cetosa:** Grupo funcional constituido por un carbono unido por doble enlace a un oxígeno.
- Coenzima:** Son compuestos orgánicos, termoestables, que unidos a una apoenzima constituyen la holoenzima o forma catalíticamente activa de la enzima.
- Cofactor:** Molécula que, en unión de otras, contribuye a producir algo.
- Cohesión:** Unión entre las moléculas de un cuerpo.
- Colágeno:** Perteneciente o relativo a una proteína fibrosa del tejido conjuntivo, de los cartílagos y de los huesos, que se transforma en gelatina por efecto de la cocción.
- Colesterol:** Alcohol esteroídico, blanco e insoluble en agua. Participa en la estructura de algunas lipoproteínas plasmáticas y a su presencia en exceso se atribuye la génesis de la aterosclerosis.
- Coloidal:** Perteneciente o relativo a los coloides.
- Coloide:** Dispersión de partículas o macromoléculas en un medio continuo.
- Compartimentación:** Acción que se realiza dentro de un compartimento.

Configuración: Disposición de las partes que componen una cosa y le dan su peculiar forma y propiedades.

Conformación: Colocación, distribución de las partes que forman un conjunto.

Corpuscular: Que tiene corpúsculos.

Corpusculo: Cuerpo muy pequeño, célula, molécula, partícula, elemento.

Corrección portreplicativa: Corrección de la cadena de ADN para evitar los posibles errores realizados en la replicación de este.

Degradación: Transformación de una sustancia compleja en otra de estructura más sencilla.

Desanimación: Falta de funcionalidad.

Despurinización: Consiste en la pérdida de purinas (A, G) por rotura del enlace entre éstas y las desoxirribosas.

Dextrógira: Que gira en el mismo sentido de las agujas del reloj.

Difracción: Desviación del rayo luminoso al rozar el borde de un cuerpo opaco.

Dipéptido: Dos péptidos enlazados.

Dipolo: Que posee dos polos.

Divalente: Dicho de un elemento o de un compuesto químico: Que funciona con dos valencias.

Edema: Hinchazón blanda de una parte del cuerpo, que cede a la presión y es ocasionada por la serosidad infiltrada en el tejido celular.

Elongación: Alargamiento.

Endergónico: Que consume energía.

Energía primordial: Tipo de energía universal.

Enlace Cis: Enlace que se da en lípidos.

Enlace fosfodiéster: Enlace covalente que une los nucleótidos que forman el ADN entre sus átomos de carbono 3' y 5' (direcciones opuestas).

Enlace Trans: Enlace que se da en lípidos.

Espectroscopio: Instrumento que sirve para obtener y observar un espectro.

Espontaneidad: Cualidad de espontáneo.

Estriba: Reside en, se fundamenta en.

Exonucleásico: Relativo al exterior de un núcleo.

Fosfato: Sal o ester del ácido fosfórico.

Fragmentos de Okazaki: Fragmentos de nucleótidos que posteriormente formaran la cadena complementaria a la hebra retardada.

Furano: El furano es un compuesto químico orgánico aromático y heterocíclico, un anillo de cinco miembros.

Glándulas sebáceas: Las glándulas sebáceas están situada en la dermis media y formadas por células llenas de lípidos. Esta glándula se caracteriza por sintetizar el sebo, sustancia lipídica cuya función es la de lubricar y proteger la superficie de la piel.

Glicosilización: Glicosilación o glucosilación es la adición de polisacáridos a moléculas como las proteínas.

Grupo benceno: Grupo funcional.

Grupo funcional: Son estructuras submoleculares, caracterizadas por una conectividad y composición específica elemental, que confiere reactividad a la molécula que los contiene.

Grupo prostético: Un grupo prostético es un grupo o molécula no proteico de una proteína conjugada.

Hadrones: En física de partículas, un hadrón es una partícula subatómica que experimenta la fuerza nuclear.

Hebra conductora: Hebra de ADN que va en sentido 3' - 5'.

Hebra retardada: Hebra de ADN que va en sentido 5' - 3'.

Helicoidal: En figura de hélice.

Hemoglobina: Proteína de la sangre, de color rojo característico, que transporta el oxígeno desde los órganos respiratorios hasta los tejidos.

Hemólisis: Liberación de la hemoglobina en el plasma por destrucción de los glóbulos rojos.

Heterogeneonuclear: De núcleo variable.

Hidrófilo: Que siente atracción por el agua.

Hidrófobo: Que siente rechazo hacia el agua.

Hidrogenión: Núcleo del átomo de hidrógeno cargado positivamente.

Hidrólisis: Desdoblamiento de la molécula de ciertos compuestos orgánicos por acción del agua.

Hidrolizar: Producir una hidrólisis.

Hidronio: Una molécula de agua modificada que posee tres hidrógenos en vez de los dos que posee normalmente, por ello tiene carga positiva.

Hidróxilo: Se refiere al grupo OH, cargado negativamente.

Histidina: Es un precursor de la biosíntesis de histamina.

Histona: Moléculas proteínicas que se encuentran en los cromosomas responsables de compactar el ADN para que quepa en el núcleo. Los procariotas no las tienen.

Holoenzima: es una enzima que está formada por una proteína (apoenzima) y un cofactor.

Levógiro: Que gira en el sentido contrario a las agujas del reloj.

Líquido sinovial: El Líquido sinovial es un fluido viscoso y claro que se encuentra en las articulaciones. Y cuya función es impedir la fricción.

Metabólico: Perteneciente o relativo al metabolismo.

Metabolismo: Conjunto de reacciones químicas que efectúan constantemente las células de los seres vivos con el fin de sintetizar sustancias complejas a partir de otras más simples, o degradar aquellas para obtener estas.

Metilado: Que posee un grupo metilo.

Modular: Modificar los factores que intervienen en un proceso para obtener distintos resultados.

Monómero: Que solo tiene una parte.

Mutaciones puntuales: Son alteraciones limitadas en las bases de la cadena de ADN.

O-glucosídico: Enlace que se da en glúcidos entre los grupos alcoholicos 1 > 4 de cada glúcido.

Oligómero: Compuesto de varias subunidades.

Oxidación: Acción y efecto de oxidar u oxidarse.

Oxidar: Dicho de un átomo o de un ion: Perder electrones.

Panspermia: Doctrina que sostiene hallarse difundidos por todas partes gérmenes de seres organizados que no se desarrollan hasta encontrar circunstancias favorables para ello.

Piranosa: Ciclación de los glúcidos de seis carbonos.

Plasmólisis: Fenómeno por el cual una célula se deshidrata por estar en un medio hipertónico.

Plasto: Los plastos son orgánulos que realizan la fotosíntesis oxigénica y que residen en el citoplasma de muchas células eucariotas. (Cloroplastos)

- Plectonímico:** unión o uniones por las cuales una molécula está vinculada a otra.
- Polimerización:** Reacción química en la que dos o más moléculas se combinan para formar otra en la que se repiten unidades estructurales de las primitivas y su misma composición porcentual cuando estas son iguales.
- Polímero:** Compuesto químico, natural o sintético, formado por polimerización y que consiste esencialmente en unidades estructurales repetidas.
- Polipéptido:** Más de diez péptidos unidos.
- Precursor:** Dicese de aquello que precede.
- Principio inmediato:** Molécula.
- Proenzima:** Enzima precursora.
- Prostético:** Relativo al grupo prostético.
- Proteína represora:** Proteína que se adhiere al ADN impidiendo su transcripción.
- Proteinoide:** Relativo a las proteínas.
- Puentes de Hidrógeno:** enlace entre dos hidrógenos.
- Radiación electromagnética:** La radiación electromagnética es una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro.
- Renaturalización:** Volver a configurar y conformar una proteína tal y como estaba diseñada para ejercer su función.
- Reovirus:** nombre genérico que reciben los virus de la familia Reoviridae.
- Roca caliza:** roca sedimentaria porosa de origen químico formada mineralógicamente por carbonatos, principalmente carbonato de calcio.
- Síntesis:** Producción de biopolímeros a partir de moléculas orgánicas sencillas.
- Solvatación:** La solvatación es el proceso de interacción entre las moléculas de un solvente y las de un soluto formando agregados.
- Sustrato:** Sustancia sobre la que actúa una enzima.
- Taxonomía:** Ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación. Se aplica en particular, dentro de la biología, para la ordenación jerarquizada y sistemática, con sus nombres, de los grupos de animales y de vegetales.
- Taxonomicamente:** De forma taxonómica o relativa a la taxonomía.
- Tejido conjuntivo:** Tejido sostén, con función de unir o separar otros tejidos y estructuras.
- Termodinámica:** Parte de la física en que se estudian las relaciones entre el calor y las restantes formas de energía.
- Termófilo:** Que siente atracción por el calor.
- Tiol:** Grupo funcional compuesto por un hidrógeno y Azufre que da lugar a los puentes de disulfuro, característico en las proteínas.
- Transcripción:** Acción y efecto de transcribir el ADN al ARNm.
- Turgencia:** Denota una presión interna, como la que ocurre cuando entran fluidos al interior celular.
- Xilema:** Tejido leñoso de las plantas vasculares, que transporta principalmente agua y minerales de una parte a otra de estos organismos.

