

Biología



2º BACHILLERATO

“Teorías y escuelas, microbios y glóbulos, se devoran unos a otros y su lucha garantiza la continuidad de la vida”.

M. PROUST (1871-1922)

Autorizado por el Departamento de Educación, Universidades e Investigación del Gobierno Vasco (7-4-98)

Director pedagógico de los materiales curriculares para la Reforma:

Ximón Goia

Diseño de portada:

Iturri

Ilustración de la portada:

Paisaje (1924-25), J. Miró

Diseño y maquetación:

EREIN

Ilustraciones:

José Antonio Ganzarain, Errikarta Lekuona, Erein

Fotografías:

Archivo Erein

© Texto:

Jesús Aldaba, Arantxa Hueto, Josep Juni, Pedro López

© erein 1998. Tolosa Etorbidea 107 - 20009 Donostia

ISBN: 84-7568-759-8

D. L.:

Imprime:

Grafman S.A. Gallarta (Bizkaia)

Biología

2º BACHILLERATO

Jesus Aldaba
Arantxa Hueto
Josep Juni
Pedro Lopez



ESTRUCTURA DE LAS UNIDADES DIDÁCTICAS

Este libro de texto está organizado en ocho unidades y sus contenidos se centran fundamentalmente en torno a la biología celular. Los contenidos de genética formal y evolución que aparecen en dos de las unidades presentan un cierto grado de solapamiento con los trabajados en el primer curso (materia de Biología-Geología). Creemos que dicha repetición está justificada ya que la profundización en dichos contenidos encaja mejor en el presente nivel de Bachillerato.

Al inicio de cada unidad se realiza una pequeña **introducción** al tema en la que, de forma muy concreta, se plantean los principales interrogantes a los que se dará respuesta en el desarrollo del tema. Además, el **índice** de la unidad permite hacerse una idea global del tema que se desarrolla.

Antes de entrar en los contenidos específicos de la unidad, se da opción al alumnado a que ponga en cuestión los conocimientos que tiene sobre la materia por medio del apartado **¿Qué sé sobre...?**, en el que se plantean diferentes cuestiones: memorísticas, expresión de opiniones, relación entre conceptos, etc.

A continuación se desarrolla el cuerpo de conocimiento, abordando los tres tipos de contenidos propuestos en el currículo de Bachillerato. En la concepción de las diferentes unidades de que consta el libro se ha optado por un **diseño abierto** que permita al profesorado y al alumnado diferentes posibilidades de organizar su proceso de enseñanza-aprendizaje, por lo que el texto no tiene una lectura lineal sino que se estructura en diferentes apartados que dan opción a desarrollar en mayor o menor grado un tipo u otro de contenidos.

Un **texto expositivo** complementado con figuras nos da el hilo conceptual de la materia. El desarrollo del texto contempla los conceptos que entendemos como básicos de la materia, dando opción por medio del apartado de **ampliación** a que el profesor/a o alumno/a que quiera pueda profundizar algunos aspectos de dicha materia. Estas ampliaciones están destacadas en el texto **enmarcadas en doble línea azul** para facilitar su localización.

Intercaladas en el texto expositivo se encuentran una serie de actividades de diferente tipo que inciden en los contenidos conceptuales desarrollados en el texto expositivo, permitiendo al alumno/a poner en práctica su conocimiento del tema, a la vez que hacen hincapié en contenidos procedimentales y también actitudinales. Estas actividades están enmarcadas y con un fondo en color

que las diferencia del texto a la vez que las identifica. Se ofrecen dos tipos de actividades: a) **cuestiones**, que hacen referencia a preguntas sobre la materia, ejercicios prácticos, emisión de hipótesis, discusión de experiencias, análisis de resultados, construcción y/o interpretación de gráficas, etc. Los ejercicios correspondientes a este apartado van **con un fondo color verde**; b) **lecturas**, en las que se incluyen distintos textos relacionados con la materia y de distinto carácter: desarrollo histórico de la ciencia, aplicaciones médicas, industriales, etc., de los conceptos desarrollados, polémicas sociales o científicas. Las lecturas van señaladas en el texto **con un fondo de color lila**.

Al final de cada unidad o bloque de unidades se añaden una serie de actividades divididas en tres grupos: **actividades de laboratorio**, **actividades de aula** y **proyecto**. En el primer grupo se incluyen actividades a realizar la mayoría en el laboratorio, ya que necesitan de un material instrumental, pero también se incluyen simulaciones o discusión de experiencias. Se ofrece un abanico relativamente amplio de posibilidades, ya que junto a actividades muy dirigidas se encuentran otras más abiertas en las que el alumno/a debe plantear su desarrollo.

En el apartado de actividades de aula se incluyen una serie de ejercicios parecidos a los incluidos en el texto, pero en este caso se hace hincapié en cuestiones más generales, relacionando diferentes aspectos del tema desarrollado.

En el tercer grupo se proponen algunos proyectos o trabajos monográficos con el fin de que el alumnado se familiarice con las tareas de realización de una investigación bibliográfica. El alumno puede elegir uno de los proyectos propuestos en el conjunto de las unidades del libro.

Los autores/as pensamos que con los elementos aportados este libro proporciona material suficiente y variado para permitir al alumnado abordar la materia de Biología desde una perspectiva amplia, atendiendo a contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, y que existen suficientes elementos para ofrecer una lectura diversificada de la materia en atención a los diferentes grados de madurez del alumnado.

Termina cada capítulo con un apartado de **recursos** en el que se indican los **vídeos** y **lecturas** que pueden completar o dar una perspectiva diferente a la materia.

Presentación	5
1. Componentes moleculares de la célula	
1. Introducción a la química de la vida	13
1. Los elementos y moléculas biológicamente importantes	13
2. Moléculas inorgánicas: el agua.....	17
3. Moléculas inorgánicas: las sales minerales	23
4. Moléculas orgánicas.....	23
2. Glúcidos o hidratos de carbono.....	25
1. Concepto y clasificación de los glúcidos.....	25
2. Los glúcidos más simples: los monosacáridos	26
3. Disacáridos	32
4. Las macromoléculas de glúcidos: los polisacáridos.....	33
3. Lípidos	36
1. Concepto y clasificación.....	36
2. Ácidos grasos.....	37
3. Lípidos con ácidos grasos.....	39
4. Lípidos sin ácidos grasos	43
5. Funciones de los lípidos.....	45
4. Proteínas	46
1. Concepto	46
2. Los monómeros de las proteínas: los aminoácidos	46
3. Enlaces peptídicos	49
4. Estructura de las proteínas	50
5. Propiedades de las proteínas	57
6. Clasificación.....	58
5. Ácidos nucleicos.....	61
1. Concepto	61
2. Los monómeros de los ácidos nucleicos: los nucleótidos.....	61
3. Polinucleótidos	65
4. Ácido desoxirribonucleico (DNA)	65
5. Ácido ribonucleico (RNA)	68
2. La célula, unidad de vida	
1. ¿Qué es la célula? Historia de la teoría celular	79
2. ¿Cómo se estudian las células?	83
3. ¿Son todas las células iguales?	88
4. Organización de las células.....	89
5. Estructura de las células eucariotas.....	90
1. La superficie de la célula.....	90
2. El citoplasma	97
3. El núcleo celular	105
6. Estructura de las células procariotas	111

3. Metabolismo celular. Transformaciones energéticas en la célula

1. Introducción al metabolismo.....	121
1. Concepto de metabolismo	121
2. Características de las reacciones metabólicas	122
3. Enzimas	127
2. Catabolismo	136
1. Fases del catabolismo	136
2. Catabolismo de la glucosa.....	137
3. Otras vías catabólicas: obtención de energía a partir de otras moléculas	150
4. Resumen del catabolismo	152
3. Anabolismo.....	153
1. Anabolismo autótrofo y heterótrofo	153
2. Fotosíntesis.....	153
3. Quimiosíntesis.....	166
4. Vías anabólicas en la célula heterótrofa	167
5. Resumen del anabolismo	170

4. División celular y genética

1. La continuidad de la vida	181
2. El ciclo celular	182
3. Mitosis	183
1. Concepto e historia.....	183
2. Fases	183
3. Citocinesis	184
4. Diferencias entre mitosis animal y vegetal.....	185
5. Consecuencias de la mitosis.....	185
4. Meiosis	187
1. Concepto e historia.....	187
2. Fases	188
3. Significado de la meiosis	193
4. La gametogénesis.....	193
5. Meiosis y genética	196
1. La base cromosómica de la herencia.....	196
2. Conceptos básicos de genética	196
3. Herencia de un carácter	198
4. Herencia de dos caracteres	202
5. Herencia y sexo	211
6. Genes con más de dos alelos	217
7. Herencia multifactorial o poligénica.....	217
8. ¿Todo depende de los genes?	219

5. Evolución

1. Variación.....	231
1. Las mutaciones.....	232
2. Reproducción sexual y procesos relacionados	240
2. Genética de poblaciones	242
1. Introducción.....	242
2. Población.....	242
3. El equilibrio de Hardy-Weinberg.....	243
4. Cambios en las poblaciones.....	246
3. La selección natural.....	249
1. Concepto de selección natural.....	249
2. Tipos de selección	250
4. Especiación. Origen de las especies	255
1. Concepto de especie	255
2. Especiación	255
5. Teorías de la evolución.....	262
1. Teoría sintética.....	262
2. Equilibrios puntuados o equilibrios intermitentes.....	262
3. Las mutaciones neutras.....	264

6. Las bases químicas de la herencia

1. Naturaleza química de los genes.....	273
1. ¿Proteínas o ácidos nucleicos?.....	273
2. Evidencias a favor del DNA	273
2. Replicación de los genes	276
1. Proceso de replicación del DNA.....	278
3. Expresión de los genes. El código genético y la síntesis de proteínas.....	280
1. Un gen - Una enzima	280
2. Del DNA a la proteína	283
3. Transcripción. Síntesis del RNA mensajero	285
4. Modificación y maduración del RNAm transcrito en eucariotas	285
5. El código genético	287
6. Síntesis de proteínas	289
4. Alteraciones en la información genética: las mutaciones	294
5. Manipulación genética. Trabajando con genes	296
1. Procesos naturales de transferencia de genes de una célula a otra	296
2. Técnicas utilizadas en la metodología del DNA recombinante para investigar la estructura del DNA	300
3. Técnicas utilizadas en la metodología del DNA recombinante para transferir un gen de una especie a otra.....	305

6. Cartografiar y secuenciar genes. El proyecto Genoma Humano.....	306
1. Tamaño y características del genoma humano.....	306
2. ¿Cómo se cartografía y secuencia el genoma?	307
7. Genes y cáncer.....	315

7. Microbiología y biotecnología

1. Microbiología.....	327
1. ¿Qué son los microbios? Historia de la microbiología.....	327
2. ¿Cómo observar los microorganismos?.....	331
3. Microorganismos procariotas: las bacterias.....	335
4. Los virus.....	340
5. Otros microorganismos: algas, protozoos, hongos, levaduras.....	345
6. Metabolismo de microorganismos.....	349
7. Modos de vida de los microorganismos.....	351
2. Biotecnología.....	357
1. ¿Qué es la biotecnología? Historia de la biotecnología.....	357
2. Biotecnología tradicional.....	358
3. Biotecnología microbiana industrial.....	359
4. Ingeniería genética: biotecnología de organismos transformados genéticamente.....	362

8. Sistema inmunológico: un sistema de defensa y reconocimiento del organismo

1. Concepto de inmunidad.....	375
1. Visión histórica.....	375
2. La defensa del organismo frente a lo ajeno.....	377
2. Mecanismos de defensa no específicos.....	378
1. Las barreras del organismo ante la infección.....	378
2. La inflamación primera respuesta del organismo.....	379
3. Mecanismos específicos: la respuesta inmunológica.....	380
1. Concepto y características.....	380
2. Concepto de antígeno.....	380
3. El sistema inmunológico.....	381
4. La respuesta inmunológica.....	384
4. Disfunciones del sistema inmunológico.....	397
1. Alergia y anafilaxis.....	397
2. Enfermedades autoinmunes.....	397
3. Inmunodeficiencias.....	398
5. Ayudas al sistema inmunológico.....	402
1. Vacunas y sueros.....	402
2. Anticuerpos monoclonales.....	403
3. Trasplantes.....	404

Los seres vivos estamos formados por sencillos elementos y compuestos químicos. Su conocimiento siempre despertó la curiosidad de los científicos. Puede que haya existido la tentación de pensar que conociendo los materiales que forman los seres vivos, se pudiera reducir la vida a algo puramente químico. No parece que la cosa sea tan sencilla; somos, por suerte, algo más que una suma de fórmulas y reacciones químicas.

Lo que sí es innegable es que el estudio de la química de la vida ha contribuido mucho a mejorar, entre otras cosas, el conocimiento del funcionamiento de los seres vivos. En este sentido, estos conocimientos de bioquímica se consideran de gran interés para una serie de profesiones pertenecientes a los campos de la agricultura, medicina, industrias alimenticias, medio ambiente, etc.

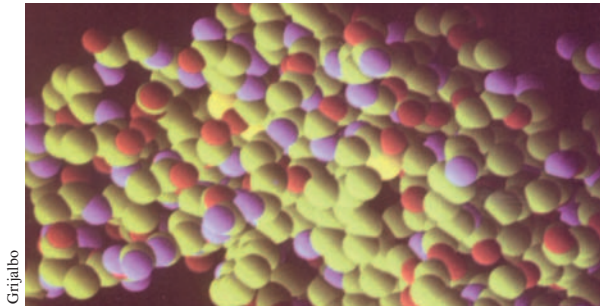
Al final del estudio de este tema os daréis cuenta que a nivel químico todos los seres vivos estamos bastante emparentados, tenemos una materia prima muy parecida. Por eso, la bioquímica se le ha considerado como uno de los grandes temas unificadores de la biología, quizá el único, ya que abarca tanto a los organismos formados por células como a los virus.

A lo largo de este tema pretendemos dar respuesta a tres preguntas fundamentales:

¿Cuáles son los elementos químicos biológicamente importantes?

¿Qué moléculas componen los seres vivos?

¿Cuál es la función biológica de esas moléculas?



Grijalbo



Componentes moleculares de la célula

- 1. Introducción a la química de la vida*
- 2. Glúcidos o hidratos de carbono*
- 3. Lípidos*
- 4. Proteínas*
- 5. Ácidos nucleicos*

1

¿Qué sé sobre los componentes moleculares de los seres vivos?

1. Los seres vivos están formados por los mismos elementos químicos que componen las rocas de la corteza terrestre, ¿Por qué son los seres vivos tan diferentes de las rocas?
2. Indica si estás de acuerdo con la siguiente afirmación: “Los compuestos orgánicos poseen características especiales y sólo pueden ser producidos por los seres vivos”.
3. En la siguiente tabla, se indica la composición química aproximada de una persona.

Clasifica los compuestos de la tabla en inorgánicos y orgánicos.

Componente	Porcentaje
Agua	65 %
Proteínas	18 %
Lípidos	10 %
Glúcidos	5 %
Sales minerales	1 %
Otros	1 %

Indica alguna características de estos compuestos químicos.

¿Podrías citar algún compuesto que se incluya en el último apartado?

4. Comenta las siguientes frases:

“Mi padre tiene azúcar en la sangre”.

“Me han aconsejado consumir menos grasas porque tengo colesterol”.

5. Los nutrientes se definen como “sustancias químicas que el organismo utiliza para realizar las funciones vitales”. ¿Existe alguna relación entre los nutrientes y los componentes químicos de las células?

6. En los cursos anteriores, es posible que hayas construido una “rueda de los alimentos”. En esa rueda se clasifican los alimentos atendiendo a su contenido nutritivo y a su función (plástica, reguladora, energética).

Utilizando una rueda de los alimentos, explica la función de algunos de los componentes químicos de los seres vivos.

7. Cada especie de ser vivo tiene sus propias proteínas e, incluso, cada individuo posee proteínas diferentes a las de otras personas. Por esta razón se produce el “rechazo” en los trasplantes de órganos.

¿Por qué no se produce rechazo cuando comemos proteínas de otros seres vivos, por ejemplo de ternera?

I. Introducción a la química de la vida

I. Los elementos y moléculas biológicamente importantes

En las células vivas encontramos un conjunto de elementos químicos que reciben el nombre de **bioelementos** o **elementos biogénicos**, que son elementos químicos comunes a los del mundo inanimado.

De los aproximadamente 100 elementos químicos presentes en la corteza terrestre, unos 25 se encuentran en todos los seres vivos.

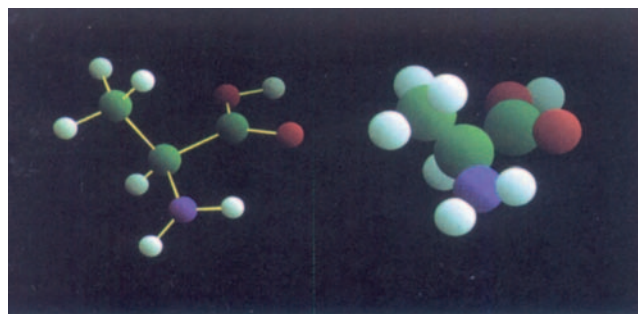
Bioelementos			
Hidrógeno	H	Manganeso	Mn
Carbono	C	Hierro	Fe
Nitrógeno	N	Cobalto	Co
Oxígeno	O	Cobre	Cu
Fósforo	P	Zinc	Zn
Azufre	S	Boro	Bo
Sodio	Na	Aluminio	Al
Magnesio	Mg	Silicio	Si
Cloro	Cl	Vanadio	V
Potasio	K	Molibdeno	Mo
Calcio	Ca	Iodo	I

Seis de estos elementos (C, H, N, O, P, S), llamados **primarios**, constituyen más del 99 % del peso de la célula. Los científicos se han formulado la pregunta de por qué son esos seis y no otros los elementos químicos más abundantes en los seres vivos. La explicación se ha buscado en la configuración electrónica de esos átomos, dado que la misma les da ciertas ventajas a la hora de formar enlaces covalentes estables necesarios para la vida.

El átomo de C, debido a su reducido tamaño y a sus cuatro electrones en su capa externa, puede formar cuatro enlaces covalentes fuertes con otros átomos. También se puede unir con otros átomos de C formando cadenas y anillos, y dando lugar a moléculas grandes y complejas. Los otros átomos abundantes en las células también son pequeños y capaces de formar enlaces covalentes muy fuertes.

El número de compuestos de carbono diferentes presentes en una célula es muy elevado, pero representa una diminuta fracción de los que son teóricamente posibles.

El resto de los elementos presentes en las células se hallan en proporción más pequeña y reciben el nombre de **bioelementos secundarios** (Na, K, Ca, Mg, Cl, Fe) u **oligoelementos** (Cu, Mn, Co, I, Zn...); estos últimos se encuentran en una proporción inferior al 0,1 %. Estos elementos desempeñan importantes funciones en los seres vivos, a pesar de encontrarse en pequeñas concentraciones.



C, O, H y N son elementos componentes de las moléculas orgánicas; en este caso del aminoácido alanina.

Los bioelementos se combinan entre sí para formar las moléculas componentes de las células, que pueden separarse mediante métodos físicos de centrifugación, filtración, evaporación, cristalización, diálisis, electroforesis, cromatografía, etc. Estas sustancias, que forman parte de los seres vivos, se denominan **biomoléculas** o **principios inmediatos**.

Biomoléculas o principios inmediatos		
Simples		Oxígeno molecular Nitrógeno molecular
Compuestos	Inorgánicos	Dióxido de carbono Agua Sales minerales
	Orgánicos	Glúcidos Lípidos Proteínas Ácidos nucleicos

¿Yo, igual que una bacteria?

Vamos a comparar las composiciones atómicas de algunos seres vivos, en concreto las del ser humano, la alfalfa y la bacteria. Representaremos esas composiciones en % en masa.

	Ser humano	Alfalfa	Bacteria
Hidrógeno H	9,3	8,7	10
Carbono C	19,4	11,4	12,2
Nitrógeno N	5,1	0,8	3
Oxígeno O	61,8	77,9	73,6
Fósforo P	0,6	0,7	0,6
Azúfre S	0,6	0,1	0,3

–Compara la composición atómica de estos tres organismos elaborando una gráfica, por ejemplo de barras.

–Extrae algunas conclusiones de esta comparación y responde a la cuestión que se plantea al principio.

¿Tan parecidos somos a la Tierra en nuestra composición?

Vamos a comparar nuestra composición química con la de la corteza terrestre, capa en la que se localiza la vida. En la tabla adjunta aparecen los elementos más abundantes en la materia viva y/o en la corteza terrestre.

Composición de los seres vivos y de la corteza terrestre (% en masa)		
	Seres vivos	Corteza
Hidrógeno H	10	0,1
Carbono C	20	0,1
Nitrógeno N	3,5	< 0,1
Oxígeno O	62	46
Fósforo P	1	< 0,1
Azufre S	0,25	< 0,1
Calcio Ca	2,5	3,5
Silicio Si	< 0,1	28
Hierro Fe	< 0,1	5
Aluminio Al	< 0,1	8
Otros	< 0,1	9

–Compara ambos sistemas elaborando una gráfica, por ejemplo de barras.

–Extrae algunas conclusiones de esta comparación y responde a la cuestión que se plantea al principio.

–¿Está la materia viva formada por los mismos elementos que forman la materia inerte?

–Utilizando la tabla periódica de los elementos, indica diferencias entre los elementos más abundantes en los seres vivos y los más abundantes en la corteza.

Enlaces covalentes y grupos químicos frecuentes en las moléculas orgánicas

ENLACES COVALENTES

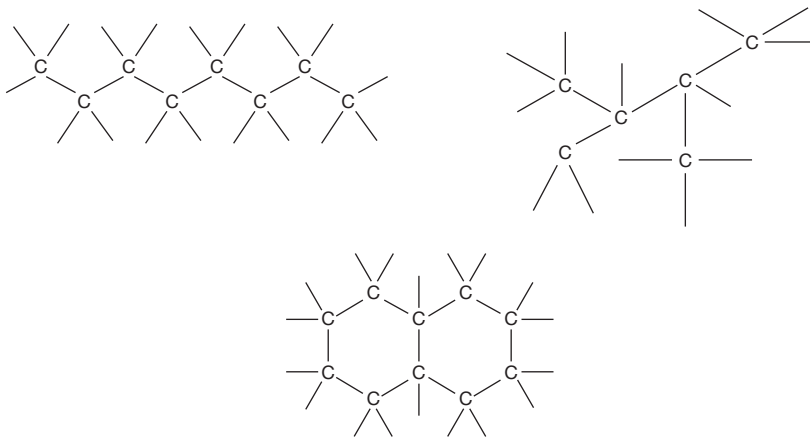
Los átomos de las moléculas orgánicas suelen estar unidos por enlaces covalentes. Cada átomo puede formar un número determinado de enlaces covalentes con una disposición espacial definida.

También pueden formar dobles enlaces con una disposición espacial diferente.



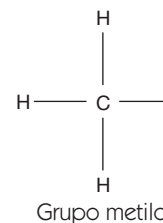
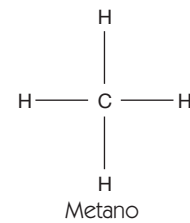
ESQUELETOS DE CARBONO

La importancia del carbono en los seres vivos se debe a su capacidad de formar fuertes enlaces covalentes con otros átomos de carbono. Así, se pueden unir formando cadenas, o estructuras ramificadas, o anillos.

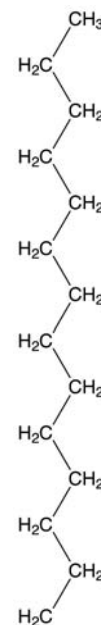


HIDROCARBUROS

Están formados por la unión de carbono e hidrógeno. Son compuestos no polares y, por lo general, insolubles en agua.

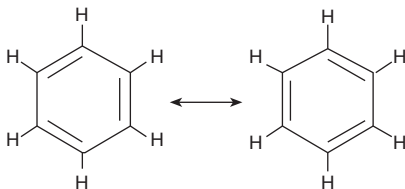


Parte de la cadena de un ácido graso:



RESONANCIA

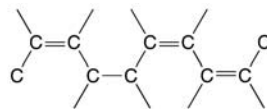
Cuando se produce resonancia en un compuesto cíclico, se genera un anillo aromático.



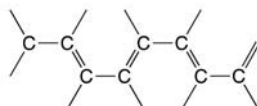
Representado a menudo como:



La cadena de carbonos puede incluir dobles enlaces. Si éstos se encuentran en átomos de carbono alternos, los electrones de enlace se mueven dentro de la molécula, estabilizando la estructura por resonancia.



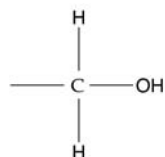
La estructura verdadera se halla entre estas dos.



COMPUESTOS C-O

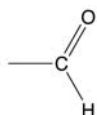
Muchos compuestos orgánicos contienen un carbono unido a un oxígeno. Por ejemplo:

Alcohol



El -OH recibe el nombre de grupo hidroxilo.

Aldehído

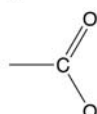


El C=O recibe el nombre de grupo carboxilo.

Cetona

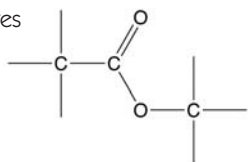


Ácido carboxílico

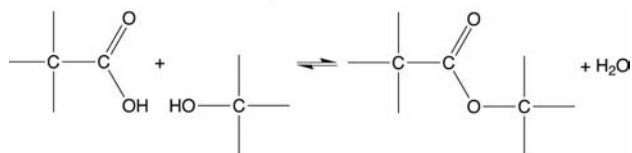


El -COOH recibe el nombre de grupo carboxilo. En el agua pierde un ión H^+ y se convierte en $-\text{COO}^-$.

Ésteres



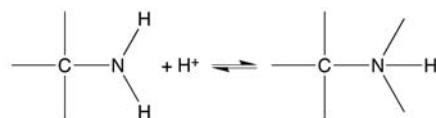
Los ésteres están formados por la combinación de un ácido y un alcohol.



COMPUESTOS C-N

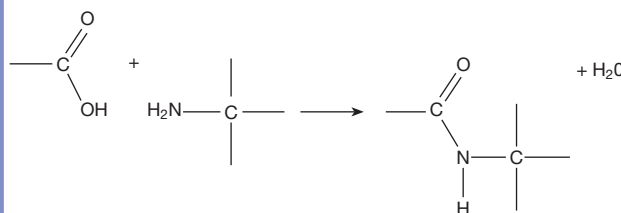
Las aminas y las amidas son dos ejemplos de compuestos que contienen un carbono unido a un nitrógeno.

Las aminas, en agua, se combinan con un ión H^+ y quedan cargadas positivamente.

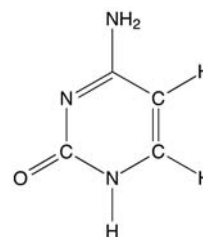


Por lo tanto, son básicas.

Las amidas se forman por la combinación de un ácido y una amina. A diferencia de las aminas, no poseen carga en solución acuosa.

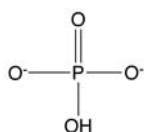


El nitrógeno se presenta también en diversos compuestos cíclicos como las bases nitrogenadas. Por ejemplo, la citosina:

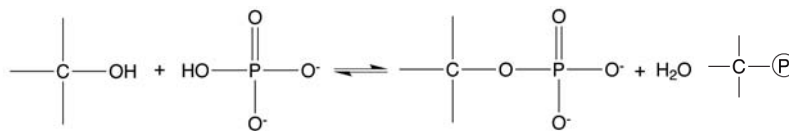


FOSFATOS

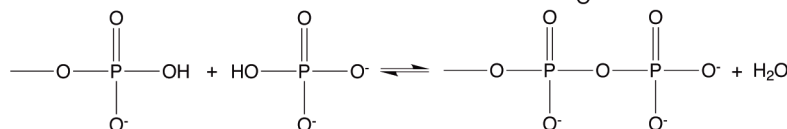
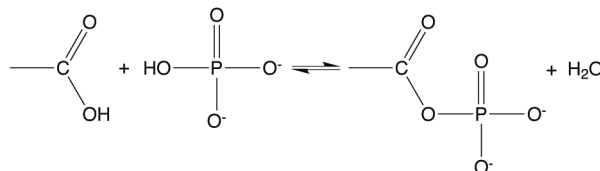
El fosfato inorgánico es un ión estable formado a partir del ácido fosfórico, H_3PO_4 . A menudo se representa como P o como P_i .



Se pueden formar ésteres fosfato entre un fosfato y un grupo hidroxilo libre.



También pueden reaccionar un fosfato y un grupo carboxilo, y dos o más grupos fosfato.



2. Moléculas inorgánicas: el agua

Es el compuesto más abundante de la vida, normalmente suele constituir entre el 60-95 % de la masa de un organismo.

Contenido hídrico en algunos seres vivos

Ser vivo	% de agua
Ser humano	63
Cangrejo de río	77
Caracol	80
Lombriz de tierra	88
Medusa	95
Algas	90
Espárrago	93
Espinacas	93
Hongos	91

Sin agua, la vida no sería posible. Su importancia para los seres vivos es doble, ya que es a la vez un componente fundamental de las células y, para muchos, su hábitat. Cabe sospechar que se trata de una sustancia de unas características especiales, sobre todo si la comparamos con otras moléculas de fórmula parecida.

Las especiales propiedades del agua derivan de su estructura molecular, la cual presenta tres características fundamentales: su pequeño tamaño, su polaridad y la capacidad para formar enlaces entre sus propias moléculas.

La polaridad es debida a una desigual distribución de los electrones, lo cual hace que la zona de la molécula próxima al O sea débilmente negativa y la del H débilmente positiva. Cada molécula de agua constituye, por tanto, un **dipolo**. Cuando dos moléculas de agua se aproximan, se producirá una atracción electrostática entre zonas de signo opuesto, originándose un enlace del tipo **punto de hidrógeno**.



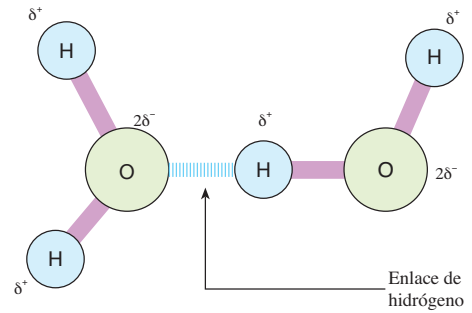
Sin agua, la vida no sería posible.



Características químicas del agua

ENLACES DE HIDRÓGENO

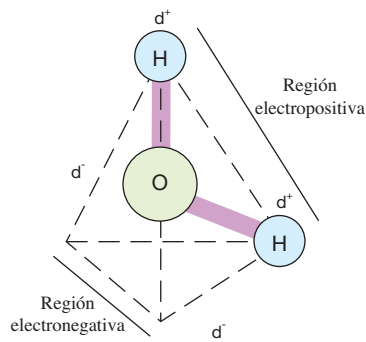
Puesto que están polarizadas, dos moléculas adyacentes de agua pueden formar un enlace conocido como enlace (o puente) de hidrógeno. Los enlaces de hidrógeno tienen una fuerza de aproximadamente 1/20 de la de un enlace covalente.



AGUA

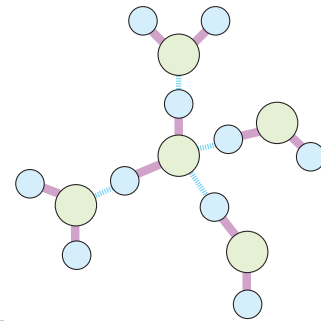
La molécula de agua es polar.

Aunque una molécula de agua tiene una carga total neutra, los electrones no están distribuidos simétricamente. El núcleo del oxígeno desplaza parcialmente a los electrones de los núcleos de hidrógeno, dejando a estos núcleos con una pequeña carga neta positiva y regiones débilmente negativas cerca del átomo de oxígeno.



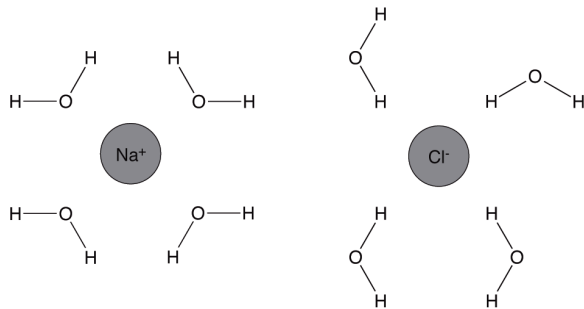
ESTRUCTURA DEL AGUA

Las moléculas de agua se unen transitoriamente, por enlaces de hidrógeno, formando una red.

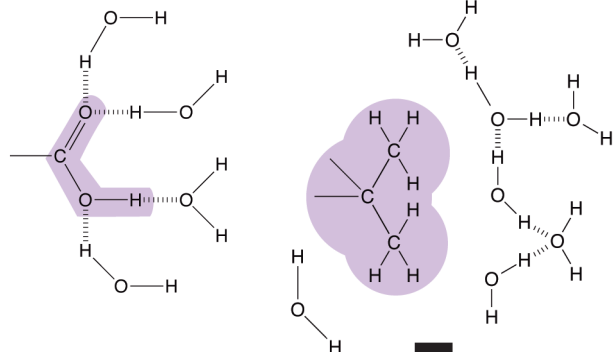


MOLÉCULAS HIDROFÍLICAS E HIDROFÓBICAS

Debido a su naturaleza polar, las moléculas de agua se agrupan alrededor de los iones y de otras moléculas polares. Estas sustancias serán por consiguiente hidrofílicas e hidrosolubles.

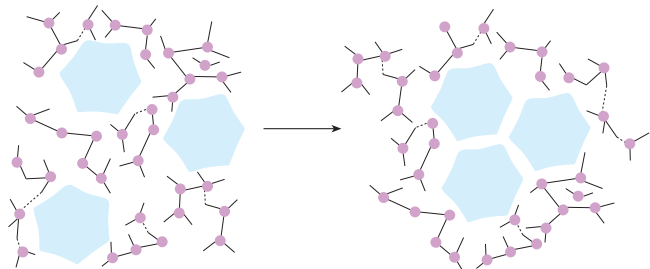


Las moléculas no polares interrumpen la estructura a través de enlaces H del agua. Son por lo tanto hidrofóbicas y bastante insolubles en agua.



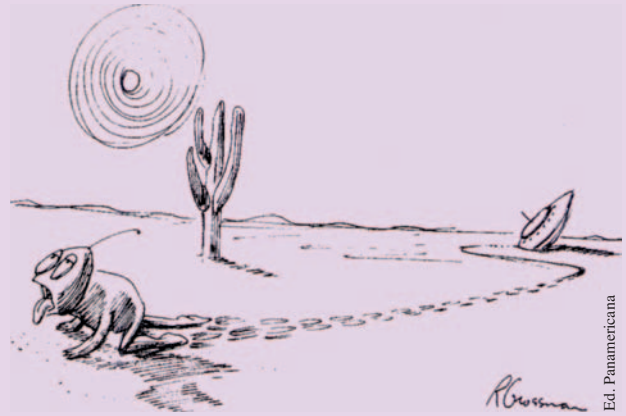
LAS INTERACCIONES HIDROFÓBICAS PUEDEN MANTENER MOLÉCULAS UNIDAS

Dos (o más) grupos hidrofóbicos rodeados de agua tenderán a unirse para perturbar menos la estructura del agua.



¿Por qué el agua y no el amoníaco?

La estructura molecular del amoníaco es muy similar a la del agua, y los biólogos han especulado sobre la posibilidad de que pudiese sustituir al agua en los procesos vitales. La molécula de amoníaco (NH_3) está constituida por átomos de hidrógeno unidos covalentemente al nitrógeno que, al igual que el oxígeno en la molécula de agua, adquiere una carga ligeramente negativa. Sin embargo, dado que hay tres hidrógenos y un nitrógeno, la diferencia de carga entre las zonas positiva y negativa en el amoníaco no es tan grande como en la molécula de agua, y los puentes de hidrógeno formados por el amoníaco son ligeramente más débiles que los formados por el agua. Más aún, la relación 3:1 de hidrógeno a nitrógeno hace difícil que las moléculas de amoníaco formen una red entrelazada. En consecuencia, las moléculas de amoníaco no están tan cohesionadas como las del agua y se evaporan mucho más rápidamente. Tal vez ésta sea la razón por



la cual no se ha encontrado ninguna forma de vida basada en el amoníaco, aunque éste pudo haber sido más abundante en la atmósfera primitiva de la Tierra.

La estructura del agua es responsable de muchas de sus propiedades extraordinarias, tales como la elevada tensión

superficial, el alto calor específico y el elevado calor de vaporización, propiedades que se resumen en la tabla.

Propiedades y funciones del agua

Propiedad	Características	Función biológica
Disolvente	El agua es un buen disolvente de sustancias polares, es decir, tanto de compuestos iónicos como de no iónicos que tengan zonas polares, de carga positiva o negativa. Estas sustancias se denominan hidrofílicas. Las sustancias no polares o hidrofóbicas no son solubles en el agua y tienden a agruparse, formando interfases con el agua.	<ul style="list-style-type: none"> – La mayoría de las reacciones metabólicas se dan en el agua. – Permite el transporte y la difusión de sustancias. – Formación de membranas.
Cohesión y adhesión	Es la capacidad de mantener unidas entre sí las moléculas de una misma sustancia. En el caso del agua es mayor que en el resto de líquidos. Esta propiedad influye en la adhesión del agua, es decir, en su capacidad de unirse a otras sustancias, la cual es también mayor que en otros líquidos.	<ul style="list-style-type: none"> – Transporte de savia en plantas. – Absorción.
Calor específico Conductividad térmica	El agua tiene un alto calor específico y una buena conductividad térmica. Por tanto, una gran variación de energía calorífica provocará un cambio de temperatura relativamente pequeño.	<ul style="list-style-type: none"> – Regulación de la temperatura en organismos. – Distribución del calor.
Calor de vaporización y Calor de fusión	Ambos son altos. En consecuencia, cualquiera de los cambios de estado citados va a captar o liberar grandes cantidades de energía.	<ul style="list-style-type: none"> – Regulación de temperatura (sudoración, prevención del congelamiento).

Una de las propiedades no comentadas en la tabla es la variación anómala que experimenta la densidad del agua con la temperatura. En efecto, el agua, como el resto de las sustancias, al enfriarse va aumentando su densidad, llegando ésta a ser máxima a los 4 °C; a partir de esa temperatura, y si se sigue enfriando el agua, ésta disminuye de densidad, haciendo que el hielo tenga menor peso específico que el agua líquida.

Los científicos dicen que este fenómeno es muy beneficioso, especialmente para los organismos acuáticos que viven en las regiones frías de la Tierra.

—¿Sabrías encontrar una explicación a esta visión optimista de los científicos?

El agua como disolvente: dispersiones y disoluciones

Se denomina **dispersión** a la repartición homogénea de partículas pequeñas de una sustancia (**fase dispersa** o **soluto**) en el seno de otra (**fase dispersante** o **disolvente**). Si la fase dispersante está en estado líquido, hablamos de **disoluciones**.

Según el tamaño de las partículas de la fase dispersa, se distinguen tres tipos de dispersiones:

– **Dispersión grosera**

Diámetro de las partículas de la fase dispersa mayor que 100 nm. Éstas son visibles a simple vista o al microscopio óptico.

– **Dispersión coloidal**

Diámetro de las partículas de la fase dispersa entre 1 y 100 nm. Son visibles al ultramicroscopio.

– **Dispersión molecular**

Diámetro de las partículas de la fase dispersa menor que 1 nm. Son partículas invisibles.

El protoplasma celular es principalmente una disolución coloidal. Las partículas de la fase dispersa pueden ser una macromolécula o varias moléculas unidas (**micelas**).

Las disoluciones coloidales pueden presentarse en dos estados:

SOL. Estado coloidal propiamente dicho.

GEL. Coloide que ha perdido agua.

El paso de SOL a GEL está influido por numerosos factores: pH, temperatura, presión, concentración salina, etc.

La capacidad del coloide para formar geles es la causa de propiedades mecánicas del protoplasma celular: viscosidad, elasticidad, resistencia a tensiones.

Algunas propiedades de las disoluciones que tienen interés en biología son:

- **Difusión.** Es la distribución uniforme de las partículas de un fluido en el seno de otro. Este proceso se debe al continuo movimiento en que se encuentran las partículas de los líquidos y gases. La difusión ocurre solamente a favor de un gradiente, es decir, las partículas se mueven de una región de mayor concentración a una región de menor concentración.

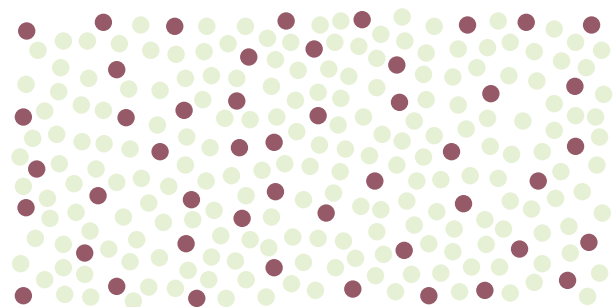
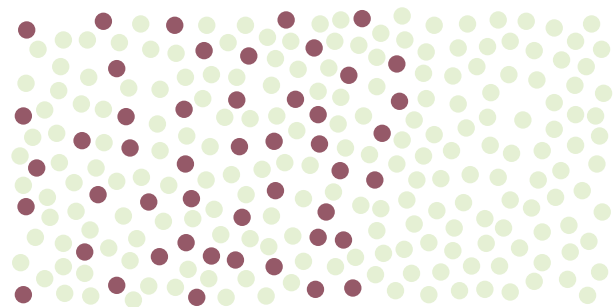
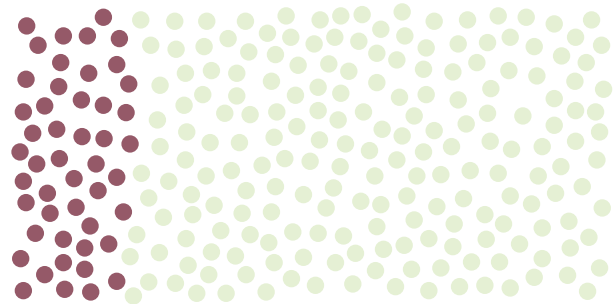


Diagrama del proceso de difusión. La molécula representada en oscuro difunde hacia la derecha y la molécula representada en claro difunde en dirección opuesta.

El oxígeno, el dióxido de carbono y otras pocas moléculas simples se difunden libremente a través de las membranas celulares. La difusión es también un proceso fundamental para el movimiento de sustancias dentro de las células.

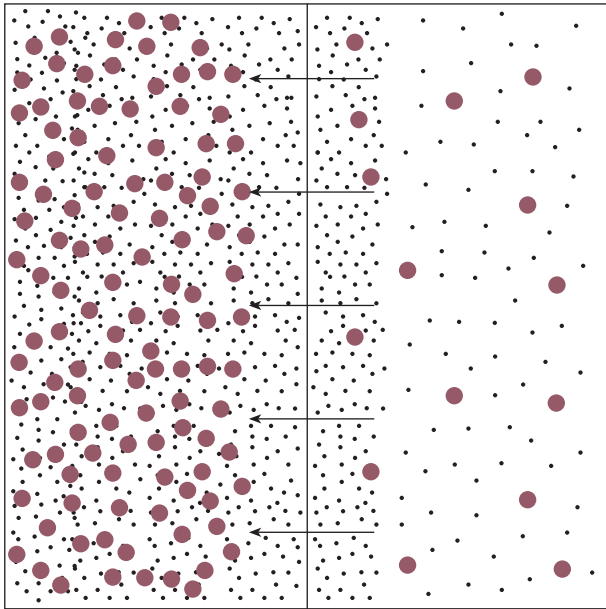


Diagrama del proceso de ósmosis.

Si dos disoluciones acuosas están separadas por una membrana semipermeable, el agua pasará hacia la disolución más concentrada por un proceso denominado ósmosis.

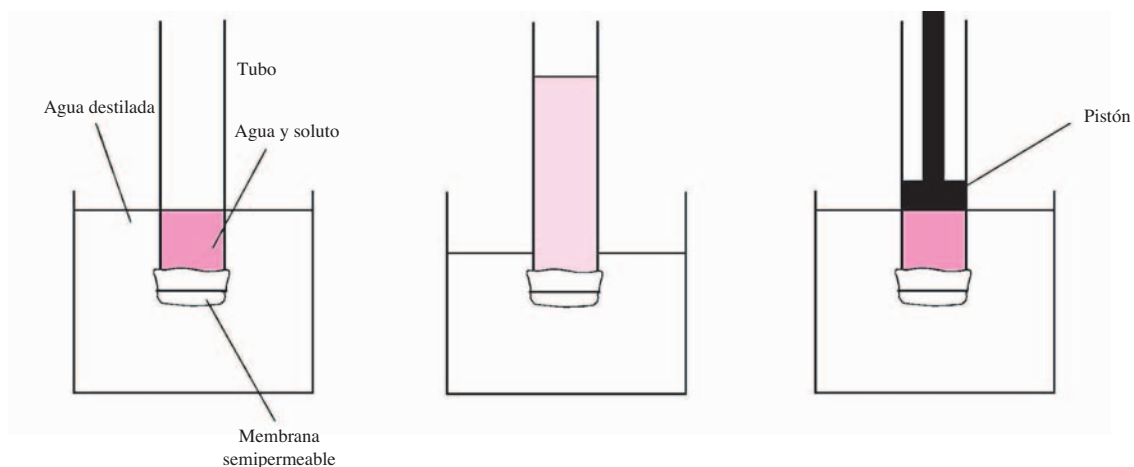
Este movimiento del agua desde una disolución diluida (hipotónica) a una disolución concentrada (hipertónica), provoca un aumento de la presión hidrostática. Dos disoluciones que estén osmóticamente equilibradas se dice que son isotónicas.

– **Ósmosis.** Es un tipo especial de difusión que se manifiesta al poner en contacto dos disoluciones de distinta concentración separadas por una membrana semipermeable (membrana que únicamente permite el paso de las moléculas del disolvente). La tendencia a igualar las concentraciones se pone de manifiesto por el paso del disolvente (agua) desde la disolución más diluida a la más concentrada.

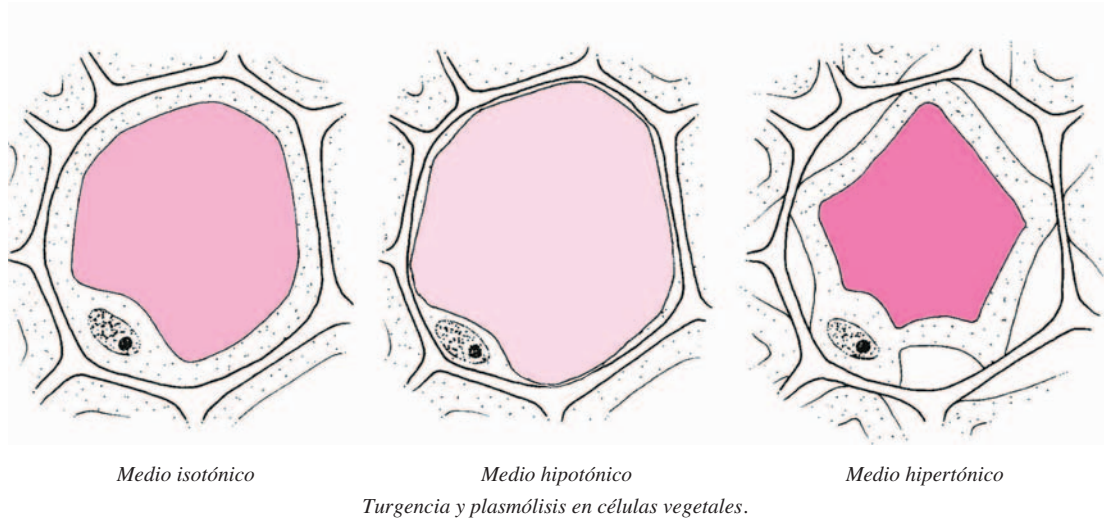
La presión mecánica necesaria para contrarrestar el paso de agua a través de la membrana se denomina **presión osmótica**.

Si comparamos disoluciones de distinta concentración, la disolución de mayor concentración es **hipertónica** con respecto a la de menor concentración o **hipotónica**. Dos disoluciones de igual concentración, equilibradas osmóticamente, son **isotónicas**.

La membrana plasmática se comporta como una membrana semipermeable. Por ello las células deben permanecer en equilibrio osmótico con los líquidos extracelulares. Si el medio externo es hipotónico, la célula se hinchará. A este fenómeno se denomina **turgencia**; en las células animales la turgencia puede llegar a romper la membrana plasmática. Por el contrario, si el medio extracelular es hipertónico, la célula perderá agua, fenómeno conocido como **plasmólisis**.

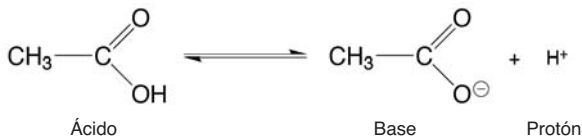


Medición de la presión osmótica. La presión que debe aplicarse al pistón para obligar a la columna de disolución a retornar al nivel inicial, mide la presión osmótica de la disolución.

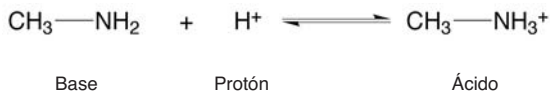


Ionización del agua. Ácidos y bases.

Un ácido es una sustancia que, en disolución, cede un ión H^+ (protón). Por ejemplo:



Una base es una sustancia que, en disolución, acepta un ión H^+ (protón). Por ejemplo:

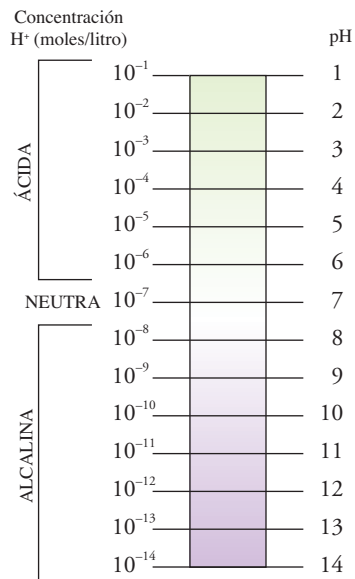
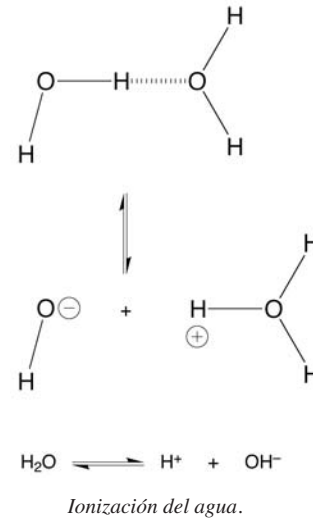


El agua, por si misma, tiene una ligera tendencia a ionizarse, actuando como ácido y como base.

En 1909, Sørensen estableció el concepto de pH para valorar el grado de acidez de una disolución. El **pH** se define como el logaritmo decimal cambiado de signo de la concentración de iones hidrógeno ($[H^+]$).

$$pH = -\log_{10} [H^+]$$

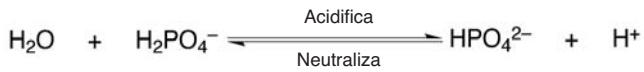
El mantenimiento de un pH constante y próximo a la neutralidad (entre 6 y 8) en el medio interno, es necesario para que puedan desarrollarse las reacciones metabólicas. Todos los seres vivos mantienen constante el pH de su medio interno gracias a la existencia de **soluciones amortiguadoras** o **tampón**. Los sistemas tampón consisten en un par ácido-base conjugada y mantienen el pH constante por su tendencia a combinarse con iones H^+ , eliminándolos así de la disolución cuando la concentración de iones H^+ comienza a elevarse; por contra, cuando dicha concentración descende, comienzan a liberar iones H^+ .



Escala de pH.

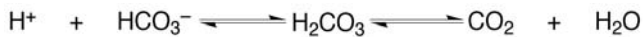
Los dos sistemas tampón más importantes son los siguientes:

- **Sistema tampón fosfato.** Constituido por iones dihidrógeno fosfato (H_2PO_4^-) y monohidrógeno fosfato (HPO_4^{2-}) en equilibrio. Este sistema amortiguador mantiene constante el pH intracelular en 7,2.



Si en la célula aumenta la $[\text{H}^+]$, la reacción se desplaza hacia la izquierda; si disminuye, la reacción se desplaza hacia la derecha.

- **Sistema tampón bicarbonato.** El principal sistema tampón en la sangre de las personas es el par ácido-base $\text{H}_2\text{CO}_3 - \text{HCO}_3^-$. El ácido carbónico se disocia en H^+ e iones bicarbonato (HCO_3^-) y a su vez el ácido carbónico está en equilibrio con el CO_2 disuelto en la sangre.



Ante un exceso de H^+ en sangre (acidosis), el HCO_3^- se une al exceso de H^+ dando H_2CO_3 , que se descompone inmediatamente en CO_2 y H_2O .

3. Moléculas inorgánicas: las sales minerales

En todos los seres vivos se encuentran siempre determinadas cantidades de sales minerales. Estas sales pueden ser insolubles en agua (carbonato de calcio, fluoruro de calcio, fosfato de calcio), y depositarse en

los órganos esqueléticos para darles consistencia; pueden ser también solubles en agua. Las sales disueltas en agua se encuentran disociadas en sus iones:

Cationes: Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , NH_4^+

Aniones: Cl^- , H_2PO_4^- , HCO_3^- , SO_4^{2-}

Los iones salinos son los que mantienen un grado de salinidad constante dentro del organismo, lo que resulta muy importante, ya que si éste varía pueden producirse fenómenos osmóticos desfavorables para las células. También ayudan a mantener constante el pH del medio interno, actuando como disoluciones tampón o amortiguadoras. Por otro lado, algunos iones salinos desempeñan funciones específicas, por ejemplo en la transmisión del impulso nervioso o en la contracción muscular.

Una variación de dicho equilibrio provoca cambios en la permeabilidad, excitabilidad y contractibilidad de la célula.

4. Moléculas orgánicas

Como puede observarse en la tabla, las células están compuestas de relativamente pocos tipos de moléculas distintas. El agua constituye entre el 60 y el 95 % de una célula viva y los iones inorgánicos suponen no más del 1 %. Casi todo el resto está compuesto de moléculas orgánicas.

En los organismos se encuentran cuatro tipos diferentes de moléculas orgánicas: **glúcidos**, **lípidos**, **proteínas** y **ácidos nucleicos**. Todas estas moléculas contienen carbono, hidrógeno y oxígeno. Además, las proteínas contienen nitrógeno y azufre, y los ácidos nucleicos y algunos lípidos contienen nitrógeno y fósforo.

Composición química aproximada de una bacteria típica (*E. coli*) y de una célula típica de mamífero

Componente	Porcentaje de peso celular total	
	Bacteria <i>E. coli</i>	Célula de mamífero
Agua	70	70
Iones inorgánicos (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Cl^- , etc.)	1	1
Conjunto de pequeños metabolitos	3	3
Proteínas	15	18
RNA	6	1,1
DNA	1	0,25
Fosfolípidos	2	3
Otros lípidos	—	2
Glúcidos (polisacáridos)	2	2
Volumen celular total	$2 \times 10^{-12} \text{ cm}^3$	$4 \times 10^{-9} \text{ cm}^3$

Las proteínas, los polisacáridos y los ácidos nucleicos (DNA y RNA) son macromoléculas. Los lípidos no se clasifican como macromoléculas a pesar de que presentan algunas características de éstas: por ejemplo, se sintetizan en forma de polímeros lineales a partir de una molécula de menor tamaño (el grupo acetilo del acetil CoA) y se ensamblan en grandes estructuras (membranas).

Otras propiedades comunes a los tres tipos de macromoléculas son las siguientes:

- Los enlaces entre las subunidades se forman por eliminación de agua (condensación).
- La formación de los enlaces requiere energía.
- Los enlaces entre las subunidades se rompen por adición de agua (hidrólisis).

Características de las macromoléculas

Propiedad	Polisacáridos	Proteínas	Ácidos nucleicos
Masa molecular M_r (típica)	$10^4 - 10^6$	$10^4 - 10^6$	$10^4 - 10^{10}$
Subunidades	Monosacáridos (muchos tipos, aunque pocos se usan comúnmente. Normalmente sólo un tipo por molécula. A veces dos tipos alternando)	Aminoácidos (20 tipos comunes. Todos pueden ser usados en 1 molécula)	Nucleótidos (5 tipos, 4 usados en el DNA, 4 en el RNA)
Ramificaciones	Pueden estar ramificados	No ramificados	No ramificados
Tipos de enlace que unen las subunidades	Glucosídico	Peptídico	Fosfodiéster

2. Glúcidos o hidratos de carbono

I. Concepto y clasificación de los glúcidos

Los **glúcidos** son sustancias que se encuentran entre los componentes moleculares más numerosos presentes en los organismos vivos; también son conocidos con los nombres de hidratos de carbono y de azúcares. Su fórmula empírica general es $C_x(H_2O)_y$, donde x e y pueden adoptar valores diversos.

Los glúcidos se dividen en 3 clases principales: monosacáridos, disacáridos y polisacáridos. Los monosacáridos constituyen las unidades a partir de las cuales se forman los demás (ver tabla).



GLÚCIDOS			
"AZÚCARES"		POLISACÁRIDOS	
	MONOSACÁRIDOS	DISACÁRIDOS	
Propiedades físicas		Moléculas pequeñas (baja M_r) Sabor dulce Solubles en agua Cristalinos	Macromoléculas (alta M_r) No tienen sabor dulce Insolubles o poco solubles en agua No cristalinos
Síntesis	"Azúcares simples"	Se forman por la unión de dos monosacáridos por enlace glucosídico	Se forman por la unión de muchos monosacáridos por enlaces glucosídicos
Fórmula general	$(CH_2O)_n$ $n=3-9$	Normalmente $C_{12}H_{22}O_{11}$ (dos hexosas)	$C_x(H_2O)_y$
Propiedades químicas	Todos son reductores	Algunos reductores, otros no reductores	No reductores

2. Los glúcidos más simples: los monosacáridos

Los monosacáridos presentan la fórmula general $(\text{CH}_2\text{O})_n$ en donde n es un número entero comprendido entre tres y nueve. Este número de C es lo que determina su clasificación en triosas, tetrosas, etc.

Estos azúcares son aldehídos o cetonas polihidroxílicos, es decir, tienen varios grupos hidroxilo y un aldehído o cetona, lo que hace que sean clasificados en aldosas y cetosas. En general, las aldosas son más comunes que las cetosas.

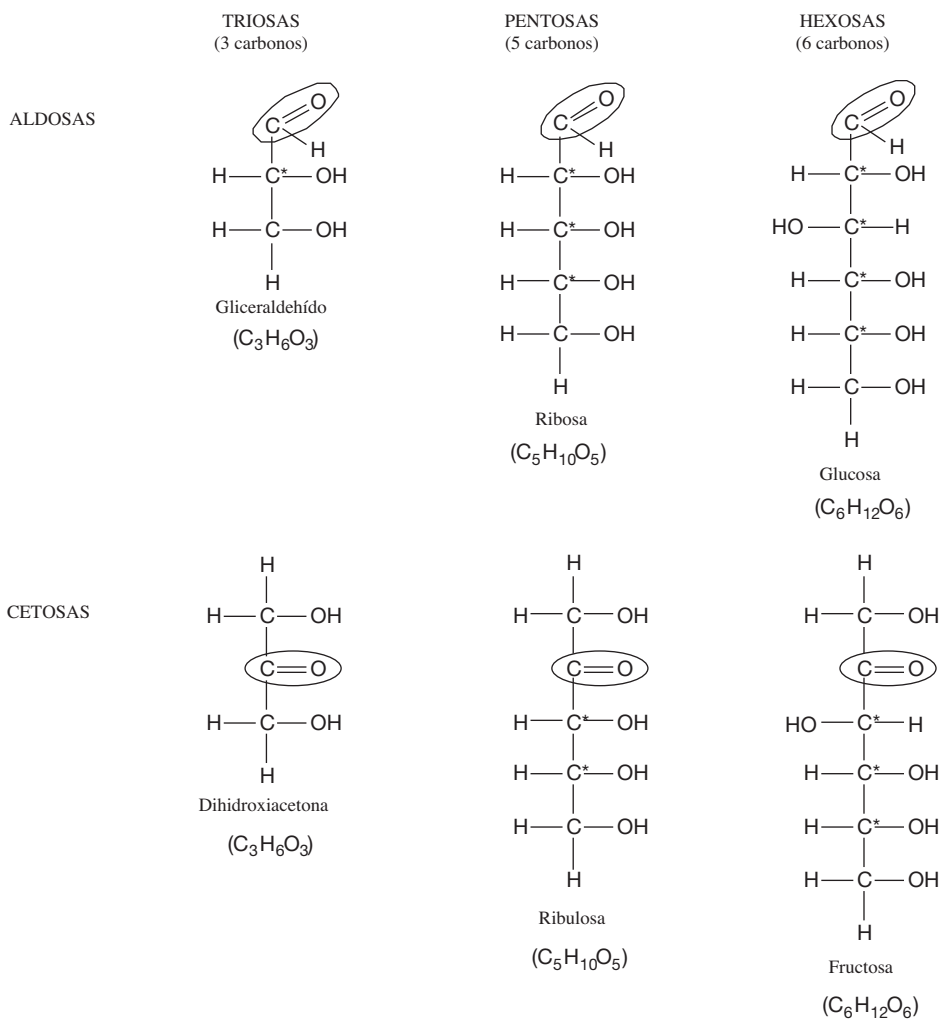
Las propiedades físicas y químicas de los monosacáridos están reflejadas en la tabla de la página anterior.

Los monosacáridos desempeñan dos importantes funciones en las células: 1) son fuentes de energía al oxidarse en la respiración celular, en especial la glucosa, y 2) son las unidades de síntesis de otras moléculas más complejas, principalmente disacáridos y polisacáridos, ácidos nucleicos, etc.

Isomería

Una característica estructural importante de los monosacáridos es el fenómeno de la isomería. Siempre que dos sustancias distintas tengan la misma fórmula molecular, se dice que ambas son isómeras entre sí. Hay dos tipos de isomería: **estructural** y **espacial**. La isomería estructural la podemos ver, por ejemplo, en la glucosa y en la fructosa, que tienen la misma fórmula empírica $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ pero distintos grupos funcionales.

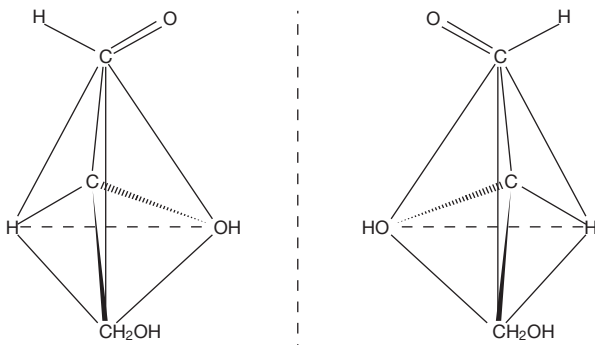
Número de átomos de carbono



Clasificación de los monosacáridos según sus grupos funcionales (aldehído o cetona) y según el número de átomos de carbono.

Más complicada es la isomería espacial o **estereoisomería**. Se da cuando los mismos átomos o grupos de átomos se disponen en el espacio de forma diferente. La estereoisomería es una característica de todos los compuestos que poseen en su molécula algún C unido a 4 radicales diferentes (los señalados con un asterisco * en las fórmulas). Estos carbonos se denominan **asimétricos**.

En la figura tenemos dos representaciones del gliceraldehído. El C central es asimétrico, lo cual hace que haya dos posibles estereoisómeros de esta aldotriosa.



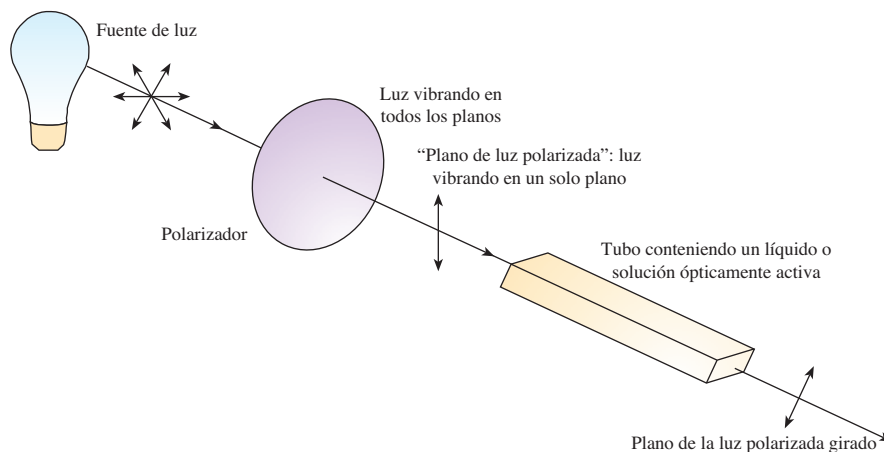
Fórmulas del D-Gliceraldehído y L-Gliceraldehído.

Por acuerdo de los científicos, los dos estereoisómeros de cada monosacárido se denominan D y L. Para reconocerlos hay que fijarse en el carbono asimétrico más alejado del aldehído o cetona. Si su -OH se sitúa a la derecha, será D, si a la izquierda, L. Las formas D y L se denominan **estereoisómeros enantiomorfos** y son imágenes especulares una de otra como nuestras dos manos.



Los estereoisómeros, por el hecho de poseer uno o varios carbonos asimétricos, poseen actividad óptica. El nombre deriva del hecho de que estas sustancias en disolución son capaces de desviar el plano de vibración de la luz polarizada. Si la desviación es hacia la derecha, el azúcar se denomina **dextrógiro** y se representa por (+); si es hacia la izquierda, se denomina **levógiro** y se representa por (-). Ambos reciben el nombre de isómeros ópticos.

Pero no existe relación alguna entre los isómeros dextrógiro y levógiro y las configuraciones D y L. Un estereoisómero de configuración D puede ser dextrógiro (+) o levógiro (-), al igual que uno de configuración L. Por ejemplo, la forma habitual de la glucosa en la naturaleza es la dextrógira, mientras que la forma usual de la fructosa es la levógira; sin embargo, ambas pertenecen a la serie D.



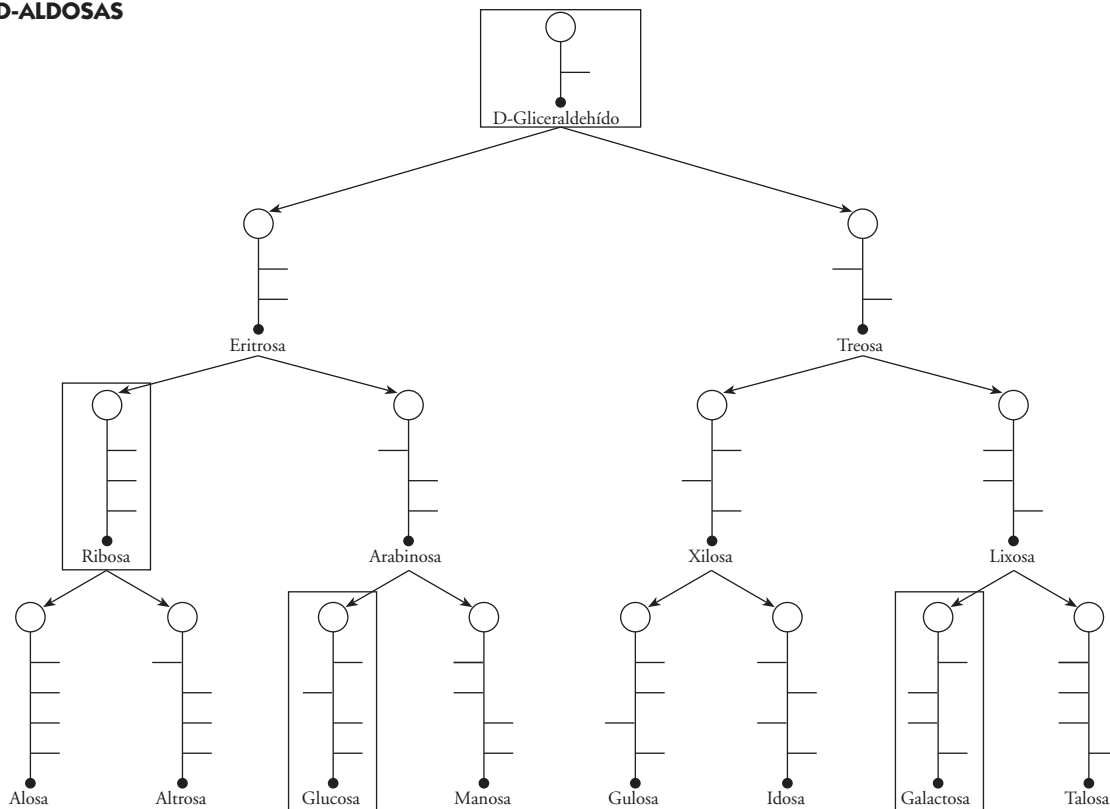
Principios de isomería óptica.

Cómo escribir la fórmula de todos los monosacáridos

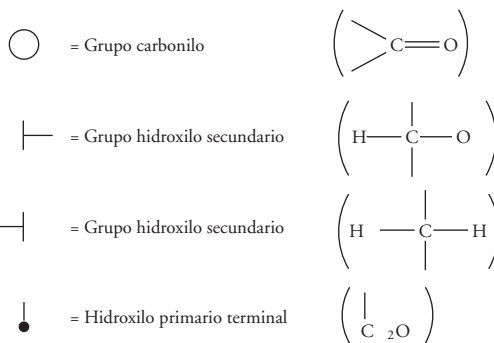
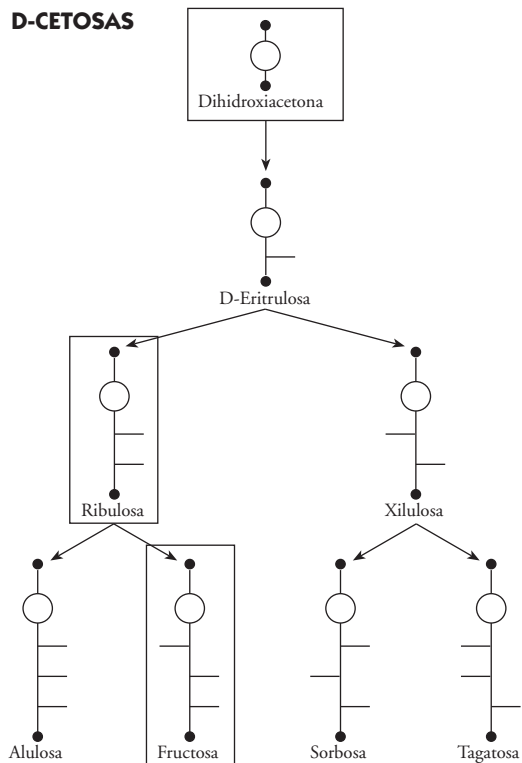
Fíjate que a partir de la D-aldotriosa se pueden obtener dos D-aldotetrosas que difieren en la posición del -OH en el

carbono 2. A partir de cada D-aldotetrosa se obtienen también dos D-aldopentosas, y así sucesivamente.

D-ALDOSAS



D-CETOSAS



Escribe la fórmula de las correspondientes L-aldosas y L-cetosas.

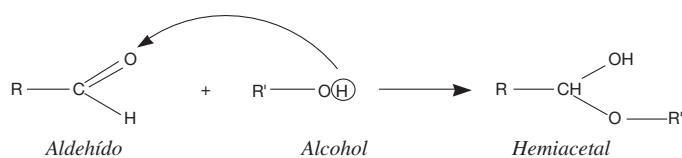
En la naturaleza casi todos los monosacáridos son formas D. Parece que ha funcionado una selección a favor de estas formas. Se ha podido comprobar que muchas enzimas son capaces de reconocer esta pequeña diferencia, rechazando casi siempre a las formas L.

Durante un experimento con levaduras de vino, se suministró glucosa como nutriente. Al cabo de cierto tiempo, se observó que no se había producido la fermentación esperada. Parecía como si las levaduras fuesen incapaces de utilizar la glucosa como alimento.

–Emite una hipótesis explicativa del problema y propón algún experimento para contrastarla.

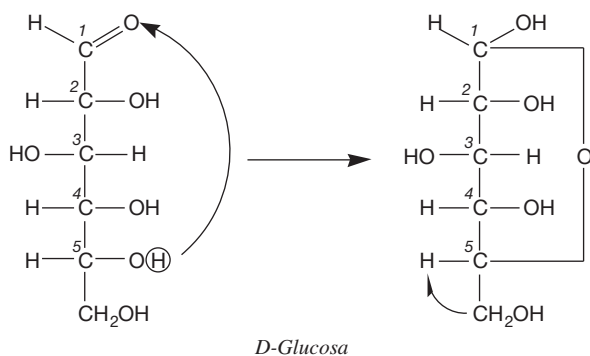
Formas cíclicas (representaciones de Haworth)

Hasta ahora hemos representado las moléculas de los monosacáridos mediante fórmulas abiertas. Sin embargo, cuando estas sustancias se disuelven en agua, como ocurre en los seres vivos, su esqueleto se pliega sobre sí mismo y puede cerrarse dando lugar a una estructura anular. El enlace (hemiacetal) se establece entre el grupo carbonilo y un hidroxilo de la misma molécula, formándose un anillo pentagonal (furanósico) o hexagonal (piranósico).

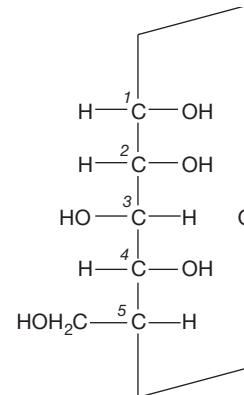


Los pasos que debes dar para pasar de una forma abierta a una cerrada son:

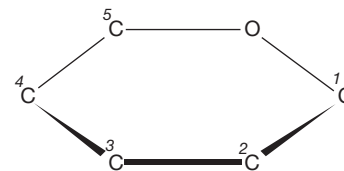
A) Formar el hemiacetal.



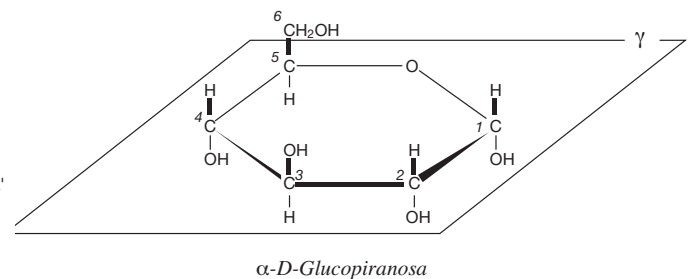
B) Giro del tetraedro del carbono cinco que en la forma plana equivale a cambiar el $-\text{CH}_2\text{OH}$ por el $-\text{H}$.



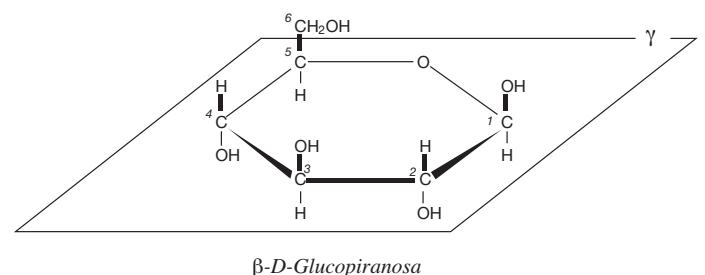
C) Dibujar el anillo hexagonal.



D) Dibujar los sustituyentes que están a la derecha de los carbonos debajo del plano del anillo y los de la izquierda por encima.



La forma β será igual pero cambiando entre sí las posiciones del $-\text{H}$ y $-\text{OH}$ del carbono 1.



Si comparamos las figuras anulares con la abierta, veremos que los grupos -OH de los carbonos asimétricos que en la D-glucosa estaban a la derecha del eje, ahora se sitúan debajo del plano hexagonal, y los de la izquierda encima. El problema es que al ciclarse aparece un nuevo C asimétrico, el carbono que tenía la función carbonilo que recibe el nombre de carbono **anomérico** y, por tanto, son posibles dos nuevas formas isoméricas (anómeros). Es decir que una D-glucosa abierta al cerrarse puede acabar con el -OH del C-1 debajo o encima del plano, isómeros que se denominan alfa y beta, respectivamente. Como veremos más adelante, esta insignificante diferencia tendrá importantes consecuencias biológicas.

Conocidas las fórmulas abiertas de la D-ribosa, la D-fructosa y la D-galactosa, dibuja las fórmulas cíclicas de:

β -D-ribofuranosa.

β -D-fructofuranosa.

β -D-galactopiranososa.



Los azúcares abundan en las frutas.



Principales funciones de los monosacáridos

Triosas $C_3H_6O_3$; por ejemplo, gliceraldehído y dihidroxiacetona.

Intermediarios en la respiración celular, en la fotosíntesis y otras vías del metabolismo de los glúcidos.

Gliceraldehído \longrightarrow glicerina \longrightarrow triacilglicérido (lípidos)

Tetrosas $C_4H_8O_4$.

Raras en la naturaleza, se encuentran principalmente en bacterias.

Pentosas $C_5H_{10}O_5$; por ejemplo, ribosa y ribulosa.

Síntesis de ácidos nucleicos.

Síntesis de algunos coenzimas; por ejemplo, NAD, NADP, FAD, FMN, coenzima A.

Síntesis de AMP, ADP y ATP.

Síntesis de algunos polisacáridos.

La ribulosa difosfato es el aceptor de CO_2 en la fotosíntesis.

Hexosas $C_6H_{12}O_6$; por ejemplo, glucosa, fructosa, galactosa y manosa.

Fuente de energía en la respiración celular. La glucosa es el sustrato más común en la respiración y el más común de los monosacáridos.

Síntesis de disacáridos.

Síntesis de polisacáridos.

Algunos derivados de los monosacáridos

1. Por reducción:

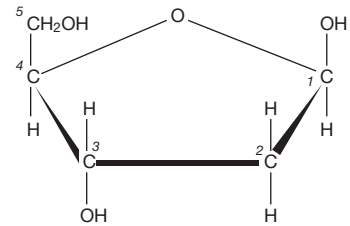
Desoxiazúcares, reemplazando un grupo -OH por un -H.

Poliálcoholes

-CHO (aldosa) \longrightarrow -CH₂OH

-C=O (cetosa) \longrightarrow -CHOH

Ejemplo: D-2-desoxirribosa.
Usado en la síntesis de DNA.



2-desoxirribosa

Ejemplo: glicerol (glicerina).
Usado en la síntesis de lípidos.

2. Por oxidación:

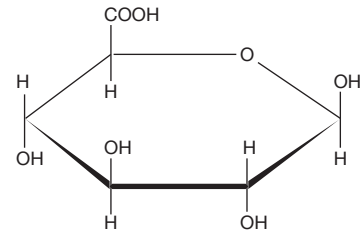
Glucoácidos

-CHO (aldosa) \longrightarrow -COOH

-CH₂OH (aldosa y cetosa) \longrightarrow -CHO

\longrightarrow -COOH

Ejemplo: Ácido ascórbico (vitamina C), ácido glucurónico (componente de algunos polisacáridos: gomas, mucílago, de la pared celular).



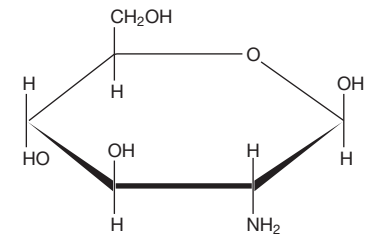
Ácido glucurónico

3. Por sustitución:

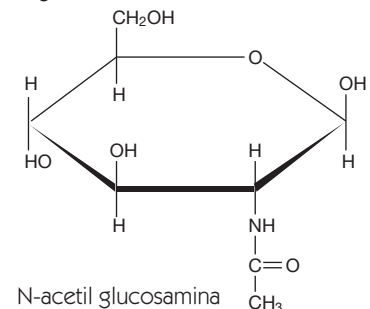
Aminoazúcares

-OH del carbono 2 \longrightarrow -NH₂

Ejemplo: D-glucosamina; usada en la síntesis de cartilago. La N-acetil glucosamina se usa en la síntesis de quitina.



D-glucosamina

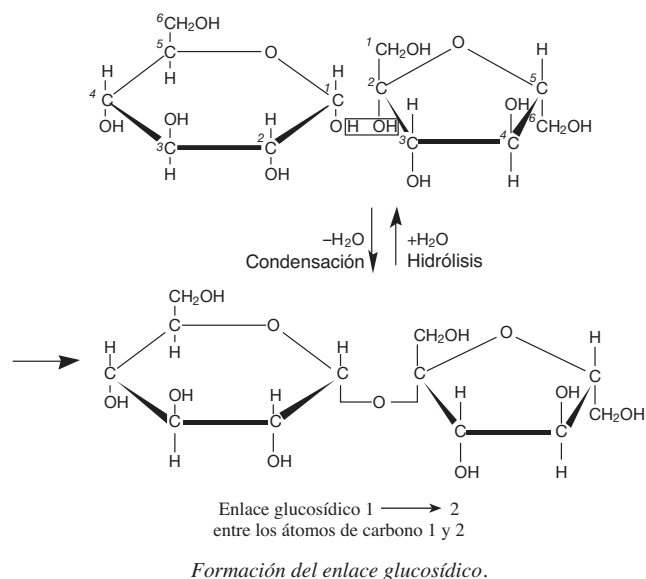


N-acetil glucosamina

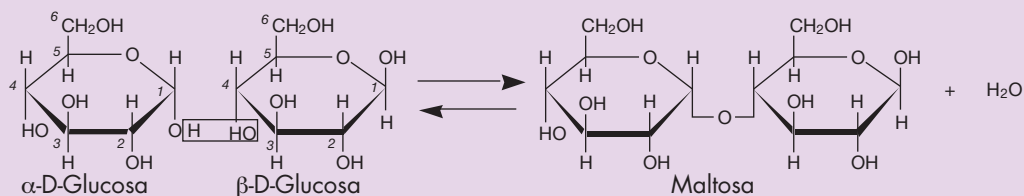
3. Disacáridos

Estos glúcidos se forman por la unión de dos moléculas de monosacáridos, generalmente hexosas, mediante un enlace llamado **enlace glucosídico**. Este tipo de reacción se denomina de condensación y se realiza siempre con desprendimiento de una molécula de agua. El enlace glucosídico puede romperse añadiendo agua, reacción denominada hidrólisis.

El enlace glucosídico puede establecerse entre el carbono anomérico de un monosacárido y uno de los carbonos alcohólicos del otro monosacárido. Pero también puede establecerse entre los carbonos anoméricos de los monosacáridos. En el primer caso, el disacárido será reductor debido a que posee un hidroxilo unido a un carbono anomérico libre. En el segundo caso, el disacárido no tendrá poder reductor.

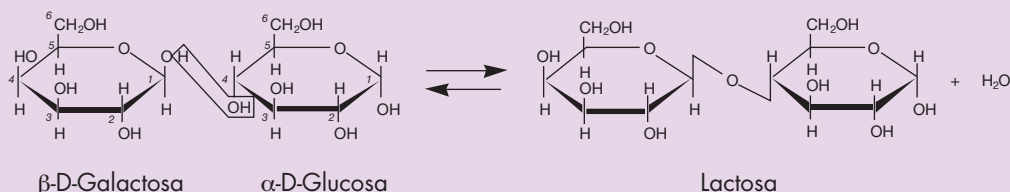


Maltosa. Está formada por la unión de dos moléculas de glucosa. La primera siempre posee configuración α , mientras que la segunda puede ser α ó β . El enlace se establece entre el carbono 1 de la primera glucosa y el carbono 4 de la segunda, lo que se representa como enlace α (1 \longrightarrow 4).



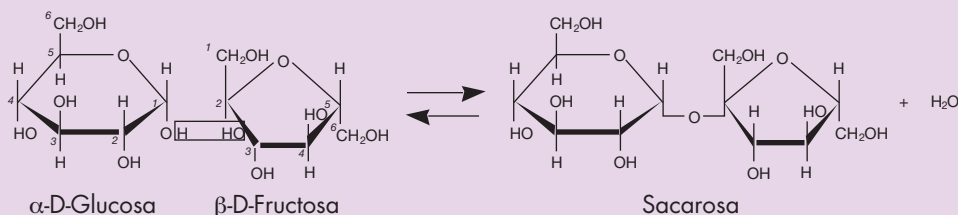
La maltosa es el azúcar de malta, es decir, de la cebada germinada y tostada.

Lactosa. Resulta de la unión de una molécula de galactosa y otra de glucosa mediante enlace glucosídico β (1 \longrightarrow 4). La galactosa tiene configuración β mientras que la glucosa puede ser α ó β .



La lactosa es el azúcar presente en la leche de los mamíferos.

Sacarosa. Se forma por la unión de una molécula de α -glucosa con otra de β -fructosa mediante un enlace (1 \longrightarrow 2), es decir entre los carbonos anoméricos.



La sacarosa es el azúcar de mesa. Se extrae industrialmente de la caña de azúcar y de la remolacha azucarera, pero es muy común en todos los vegetales.

La hidrólisis de la sacarosa se denomina frecuentemente **inversión**, porque la sacarosa presenta actividad óptica dextrógira (+ 66,5°) y la mezcla de sus componentes (el llamado azúcar invertido) la tiene negativa (-20°), debido a que la D-fructosa es más levógira que dextrógira la D-glucosa. El azúcar de la miel es el azúcar invertido natural.

4. Las macromoléculas de glúcidos: los polisacáridos

Los polisacáridos son polímeros de monosacáridos, es decir, se forman por la unión de muchas moléculas de monosacáridos mediante la formación de muchos enlaces glucosídicos y la correspondiente pérdida de moléculas de agua. Igual que vimos en los disacáridos, se pueden romper mediante hidrólisis.

Pueden estar constituidos por un solo tipo de monómero (monosacárido o derivado de monosacárido) o por más de un tipo de monómero. A los primeros se les denomina **homopolisacáridos** y a los segundos, **heteropolisacáridos**.

Los más abundantes en los seres vivos, almidón, glucógeno y celulosa, son polímeros de la misma unidad, la glucosa.

Almidón

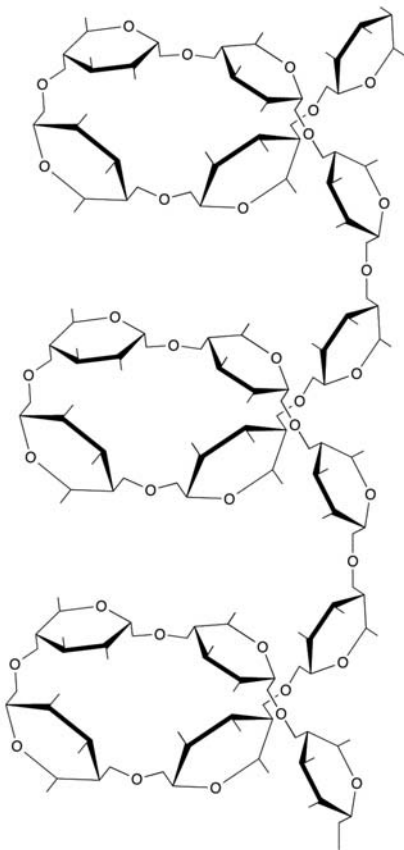
Es un polisacárido de reserva, en concreto el más importante de las plantas, donde lo encontramos en

semillas, tubérculos, etc. En realidad, está constituido por dos polímeros de D-glucosa: amilosa y amilopectina.

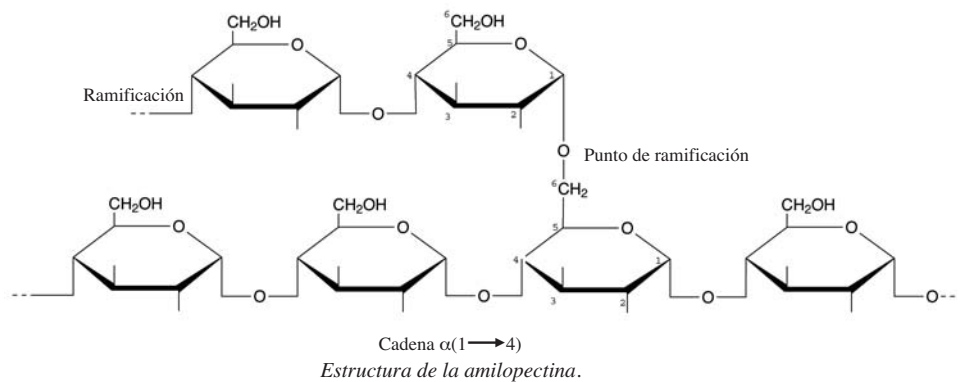
La **amilosa** está formada por una cadena de miles de restos de α -D-glucosa con enlace glucosídicos $1 \rightarrow 4$, es decir, el que hemos visto en la maltosa. Esta cadena se presenta plegada en hélice.

La **amilopectina** es más compleja. Está formada por una cadena como la de la amilosa pero con ramificaciones cada cierto trecho. Estas ramas son cortas y se inician mediante uniones $1 \rightarrow 6$.

La hidrólisis de este polisacárido es catalizada por la enzima α -amilasa, que actúa sobre los enlaces $1 \rightarrow 4$ y lo transforma en maltosa, que después podrá pasar a glucosa. Los otros enlaces, enlaces $1 \rightarrow 6$ requieren la presencia de otra enzima. En la malta se encuentra otra enzima, la β -amilasa, que hidroliza también tanto la amilosa como la amilopectina, liberando moléculas de maltosa comenzando por el extremo no reductor.

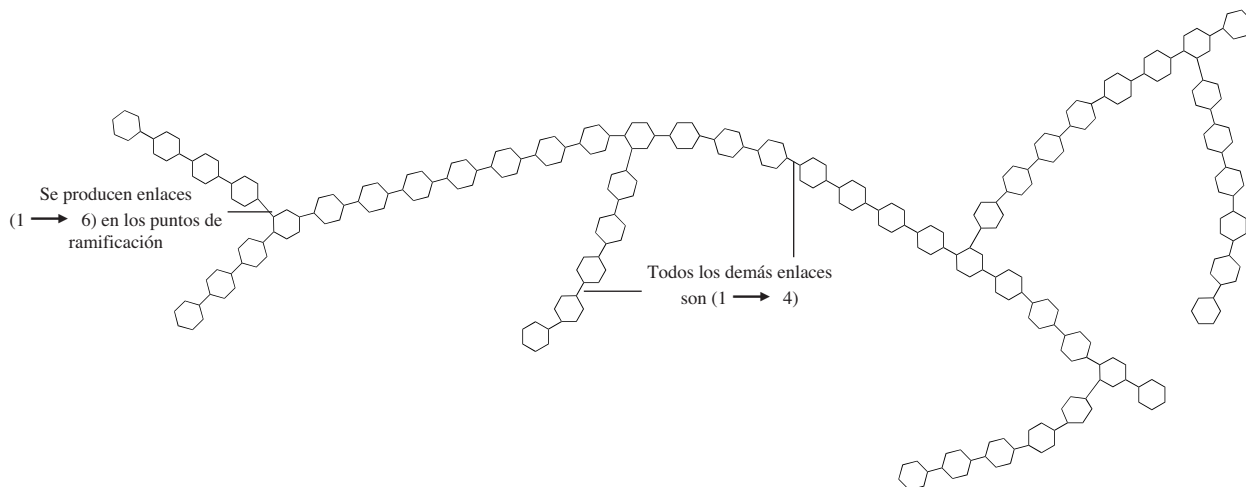


Enrollamiento helicoidal de la amilosa.



Glucógeno

Es el almidón en versión animal, es decir, nuestra principal reserva de glucosa. En vertebrados lo encontramos principalmente en el hígado y músculos. Curiosamente, algunos hongos también lo tienen. Estructuralmente es parecido a la amilopectina, sólo que posee más ramas y éstas son más pequeñas.



Estructura del glucógeno.

Si comparamos las estructuras del almidón y del glucógeno observamos que el glucógeno es todo él de tipo amilopectina muy ramificado.

Se considera que esta estructura del glucógeno hace que éste pueda descomponerse en glucosa con mucha mayor facilidad que el almidón, que tiene una estable y compacta estructura de amilosa.

¿Qué importancia puede tener lo que acabas de leer?
¿Podrías relacionar este asunto con las diferentes necesidades energéticas entre plantas y animales? Piensa, por ejemplo, en los requerimientos energéticos de un deportista y de un sedentario roble.

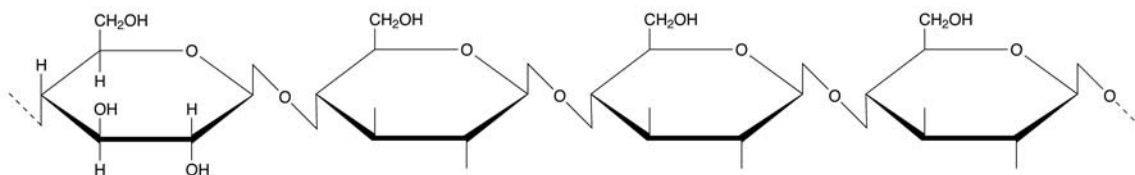
Celulosa

Es otro polímero de glucosa, pero con una estructura y función muy diferentes de las de los anteriores. Efectivamente, es una molécula que forma estructuras en las plantas, concretamente la pared de las células vegetales. Por esta razón, se considera la molécula orgánica más abundante en la Tierra.

Su estructura también es claramente diferente. Está formada por largas cadenas de β -glucosa, con enlaces 1 → 4. Estas cadenas se asocian en grupos formando microfibrillas, las cuales a su vez vuelven a agruparse para formar fibrillas, y éstas vuelven a asociarse para formar fibras.

En la pared de las células se disponen varias capas de fibras de celulosa entrecruzadas, y todo ello en una matriz formada por otros polisacáridos.

La hidrólisis de la celulosa requiere la presencia de celulasa, enzima que falta en casi todos los animales. Hay algunos, los herbívoros y los insectos xilófagos, que sí la tienen, pero gracias a las bacterias simbióticas de su tubo digestivo.



Estructura de la molécula de celulosa.

Otros ejemplos de polisacáridos

Nombre	Características
Quitina	Homopolisacárido formado por moléculas de N-acetil-D-glucosamina unidas por enlaces (1 → 4). Constituye el exoesqueleto de los artrópodos, formando cadenas paralelas como la celulosa.
Pectina	Heteropolisacárido formado por galactosa y ácido galactourónico. Es un componente de la matriz de la pared celular de las células vegetales.
Hemicelulosa	Junto con la pectina, compone la matriz de la pared celular. Es un polímero de azúcares (principalmente pentosas) y glucoácidos.
Mureína	Heteropolisacárido formado por N-acetilglucosamina y N-acetilmurámico. Unido a aminoácidos, es el componente estructural de la pared de las células bacterianas (equivalente a la celulosa de las células vegetales).
Ácido hialurónico	Heteropolisacárido en el que alternan glucoácidos y aminoazúcares. Forma parte de la sustancia intercelular del tejido conectivo de los vertebrados. Importante lubricante en el líquido sinovial, en las articulaciones y en el humor vítreo del ojo.
Condroitinsulfato	Similar al ácido hialurónico. Principal componente de la sustancia intercelular del cartílago y del hueso.
Heparina	Heteropolisacárido que actúa como coagulante de la sangre de los mamíferos. Es secretado por la mayoría de las células.
Gomas y mucílagos	Polímeros de azúcares (arabinosa, galactosa, xilosa) y glucoácidos (ácido glucurónico y ácido galacturónico). Son secretados por las plantas con función protectora.

3. Lípidos

I. Concepto y clasificación

Como pudiste apreciar en la tabla de la página 23, el 5 % en peso de los componentes moleculares de las células de un mamífero son lípidos. Los lípidos proporcionan el 42 % de la energía que precisa el organismo.

Algunos lípidos son muy conocidos: el aceite, la manteca y la mantequilla por ejemplo. Por otra parte, la mayoría de los colores rojo, anaranjado y amarillo que se observan en la naturaleza se deben a la existencia de unos lípidos denominados carotenoides.



Los lípidos dan color a la naturaleza.

Grijalbo

Los colores de la vida

Los colores rojo, amarillo y anaranjado que se observan en plantas y animales se deben en su mayoría a un grupo de lípidos, los carotenoides. Dichos compuestos están presentes en todas partes, y colaboran en las plantas y en las bacterias, en el proceso de fotosíntesis, captando la energía luminosa y transmitiéndola a la clorofila, el principal pigmento fotosintético.

En la mayor parte de los casos, la presencia de los carotenoides no es patente, ya que domina el verde de la clorofila. Muchas plantas, y sobre todo los árboles, reabsorben sin embargo la clorofila antes de que caigan las hojas, con el fin de retener el magnesio contenido en la misma. En este momento se manifiesta la presencia de los carotenoides: la progresión del amarillo al rojo, a través del anaranjado, que se observa en las hojas que caen y en las frutas maduras se debe a estos pigmentos.

Autores varios, 1991. *Ciencia-Futuro*
(*Enciclopedia of the Earth*)

Los lípidos constituyen un grupo heterogéneo de sustancias cuya característica común es que son poco o nada solubles en disolventes polares como el agua, debido a que poseen numerosos enlaces apolares C-H; por otra parte, son muy solubles en disolventes orgánicos (benceno, éter, cloroformo, hexano...).

En cuanto a los elementos químicos que los componen, los lípidos son compuestos constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno. Algunos contienen además nitrógeno y fósforo.

Clasificación de los lípidos

Debido a su gran heterogeneidad, no resulta fácil clasificar a los lípidos; nosotros vamos a adoptar la siguiente clasificación:

1. Ácidos grasos.
2. Lípidos que contienen ácidos grasos (saponificables).

Acilglicéridos o grasas.
Ceras.
Glicerofosfolípidos.
Esfingolípidos.
Glicoesfingolípidos.

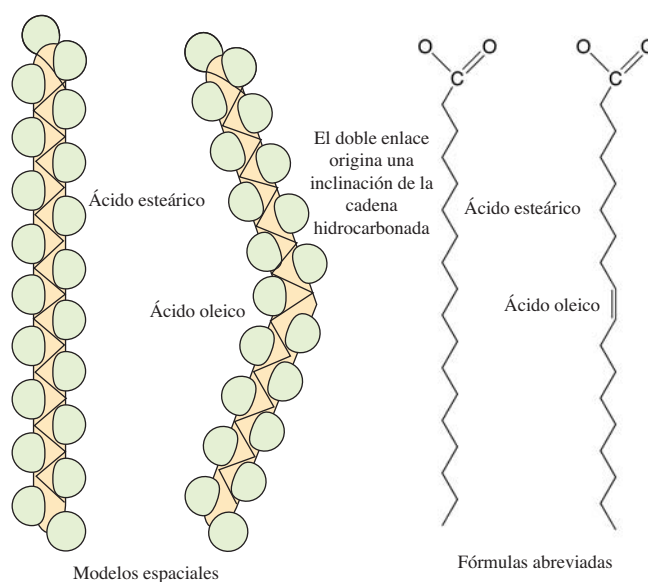
3. Lípidos que no contienen ácidos grasos (no saponificables).

Esteroides.
Terpenos.

2. Ácidos grasos

Los ácidos grasos más abundantes están formados por una larga cadena de hidrocarburos con un grupo carboxilo (-COOH), es decir, con una fórmula general R-COOH. Los ácidos grasos más comunes en los seres vivos tienen un número par de carbonos, principalmente 16 ó 18, en la cadena hidrocarbonada. Esta cadena es la responsable de la insolubilidad en el agua, o hidrofobia, de las grasas.

En la tabla aparecen los principales ácidos grasos. Como se puede observar, se diferencian en la longitud de sus cadenas, en si contienen o no contienen dobles enlaces, y en la posición de los dobles enlaces en la cadena. Los ácidos grasos en cuyas cadenas no hay dobles enlaces son **saturados**, ya que todos los átomos de carbono de la cadena han formado enlace con otros cuatro átomos (en este caso concreto, de H). A los ácidos grasos que contienen átomos de carbono unidos por dobles enlaces se les denomina **insaturados**.



Ácidos grasos: saturados (ácido esteárico) e insaturados (ácido oleico).

Algunos ácidos grasos que se encuentran en la naturaleza

Ácidos grasos saturados

Átomos de carbono	Estructura	Nombre sistemático	Nombre trivial	Punto de fusión (°C)
12	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	Dodecanoico	Ácido láurico	44,2
14	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	Tetradecanoico	Mirístico	53,2
16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	Hexadecanoico	Palmítico	63,1
18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	Octadecanoico	Esteárico	69,6
20	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	Eicosanoico	Araquídico	76,5
24	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	Tetracosanoico	Lignocérico	86,0

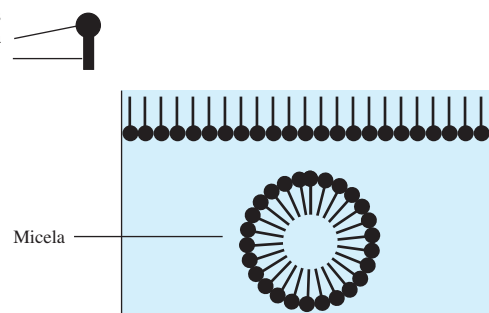
Ácidos grasos insaturados

Átomos de carbono	Estructura	Nombre trivial	Punto de fusión (°C)
16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Palmitoleico	- 0,5
18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Oleico	13,4
18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Linoleico	- 5
18	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Linolénico	- 11
20	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	Araquidónico	- 49,5

Esta aparente pequeña diferencia tiene consecuencias importantes en las propiedades de los ácidos y de sus grasas. Como puedes observar, los ácidos grasos saturados poseen un punto de fusión más alto que los ácidos grasos insaturados. Así, los insaturados dan lugar a acilglicéridos que son líquidos a la temperatura normal de la vida (aceites), mientras los saturados originan grasas que son sólidas (mantecas, tocino).

Dada la naturaleza apolar de los enlaces C-H, la larga cadena hidrocarbonada de los ácidos grasos será hidrofóbica, mientras que el extremo que contiene el grupo carboxílico polar será hidrofílico. Por lo tanto, las moléculas de ácidos grasos son heteropolares.

Los ácidos grasos tienen una cabeza hidrofílica y una cola hidrofóbica.



Los ácidos grasos en el agua pueden formar una película superficial o pequeñas micelas.

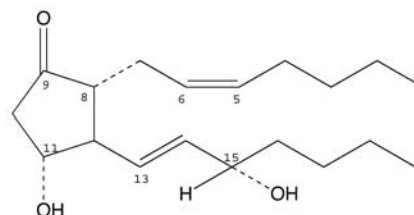
Las prostaglandinas. Un grupo de lípidos derivados de los ácidos grasos.

Las prostaglandinas se identificaron por primera vez en las secreciones de la próstata (de ahí su nombre) en 1938. Sin embargo, desde entonces se han descubierto unas 20 moléculas distintas, localizadas en la mayoría de los tejidos del cuerpo.

Las prostaglandinas son ácidos grasos modificados por ciclación y sustituciones específicas.

Actúan como hormonas locales en casi todos los tejidos, ejerciendo una gran variedad de funciones:

- Son potentes vasodilatadores arteriales y están relacionadas con los procesos inflamatorios que provocan fiebre, edema, rubor y dolor. Por esta razón, la aspirina que inhibe la síntesis de prostaglandinas posee acción antipirética, antiinflamatoria y analgésica.

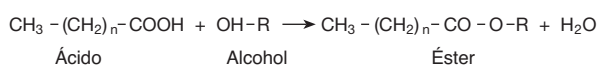


- Un tipo de prostaglandina, el tromboxano, se libera cuando se lesiona la pared interna de un vaso sanguíneo y es responsable del agregamiento plaquetario.
- Estimulan la contracción del músculo liso provocando, por ejemplo, las contracciones del útero durante el parto.

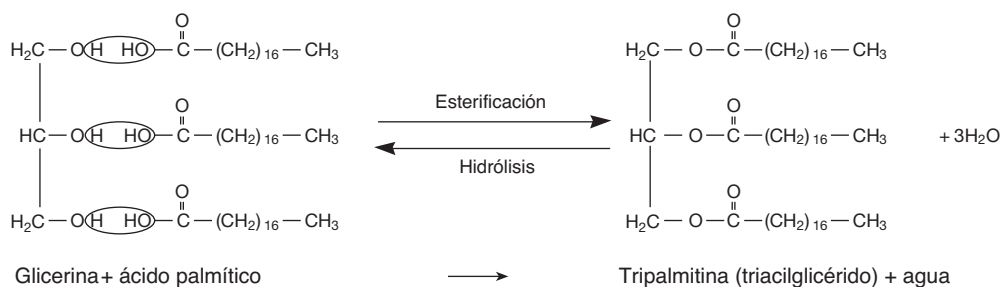
3. Lípidos con ácidos grasos

Acilglicéridos o grasas

Como puedes observar en el primer cuadro de ampliación de este tema, los **ésteres** son compuestos que se forman por la combinación de un ácido y un alcohol. En algunos lípidos, el grupo carboxilo de los ácidos grasos puede reaccionar con un grupo alcohol dando lugar a un éster. Esta reacción se denomina **esterificación**.



Los acilglicéridos son ésteres de ácidos grasos y **glicerina** (glicerol). La glicerina es un alcohol de 3 carbonos con 3 grupos hidroxilo.



Formación de un triacilglicérido (tripalmitina) por esterificación de la glicerina con tres moléculas de ácido palmítico.

Dependiendo del número de ácidos grasos que se esterifiquen con la glicerina, se obtienen los monoacilglicéridos, los diacilglicéridos o los triacilglicéridos. Los más frecuentes son los triacilglicéridos. Como puedes apreciar, los triacilglicéridos no poseen una región polar en su molécula, por lo que se les suele denominar grasas neutras.

El procedimiento de fabricar jabones consiste en hervir grasas en presencia de sosa (NaOH) o potasa (KOH). Esta reacción se conoce como **saponificación**.

–Escribe la reacción que tiene lugar.

Los acilglicéridos con ácidos grasos insaturados, son líquidos oleosos a temperatura ambiente y se denominan **aceites**. Las **grasas** (el tocino, la manteca, etc.) contienen ácidos grasos saturados y son sólidas a temperatura ambiente. Los aceites predominan en las plantas y las grasas sólidas en animales.

Las grasas actúan como almacenes de energía, se almacenan en las células adiposas y son utilizadas para obtener energía cuando las necesidades energéticas del cuerpo lo demandan. Cuando se degradan, las grasas pueden producir más del doble de energía que los glúcidos, propiedad que se relaciona con su alta proporción en H.

Además de proporcionar energía, las grasas sirven como aislantes térmicos. En los animales las grasas forman una capa debajo de la piel conocida como **panículo adiposo**. Esta capa está especialmente desarrollada en los animales que viven en climas fríos.

Las grasas también se acumulan alrededor de determinados órganos (corazón, riñones...) y sirven para protegerlos de lesiones mecánicas.

Se dice que el gran valor calórico de las grasas aporta grandes ventajas a ciertos animales, los migradores, por ejemplo, que tienen que pasar épocas de escasez de alimentos.

–¿Cuál puede ser la explicación de este fenómeno?

Los animales adaptados a climas fríos, por ejemplo los osos polares, almacenan grandes cantidades de grasa debajo de la piel. Encuentra alguna explicación a este hecho.

Las células de los animales de "sangre fría" (**poiquilotermos**) tienen una proporción de grasas insaturadas mayor que los de "sangre caliente" (**homeotermos**). ¿Cuál puede ser la explicación?

A la vista de lo estudiado hasta ahora, vemos que tenemos dos tipos de sustancias que funcionan como almacenadoras de energía: los polisacáridos y las grasas.

En una experiencia hecha con deportistas de diferentes especialidades, se midieron las cantidades de grasas y glúcidos que utilizaba cada uno para obtener energía. Los resultados son los siguientes:

	Aporte de O ₂	Nutriente	Actividad
Aerobio	Adecuado	Grasas	Baja intensidad
		Glúcidos	Etapas iniciales de actividad fuerte
Anaerobio	Limitado	Glúcidos	Intensa Etapas finales de actividades de baja intensidad

—¿Qué conclusión general se puede sacar?

Los “betunes” para abrillantar los zapatos contienen ceras en su composición.

Las cremas faciales son emulsiones de lípidos, aceites de almendra y lanolina (la cera de la lana), en agua. También los lápices de labios están hechos de mezclas de líquidos aceitosos como aceite de castor, ceras como la cera de abeja y pigmentos.



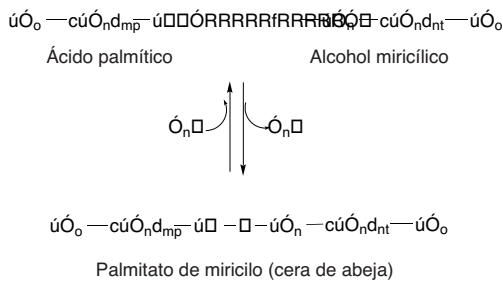
—¿Con qué finalidad se añaden ceras a estos productos?

Fosfolípidos

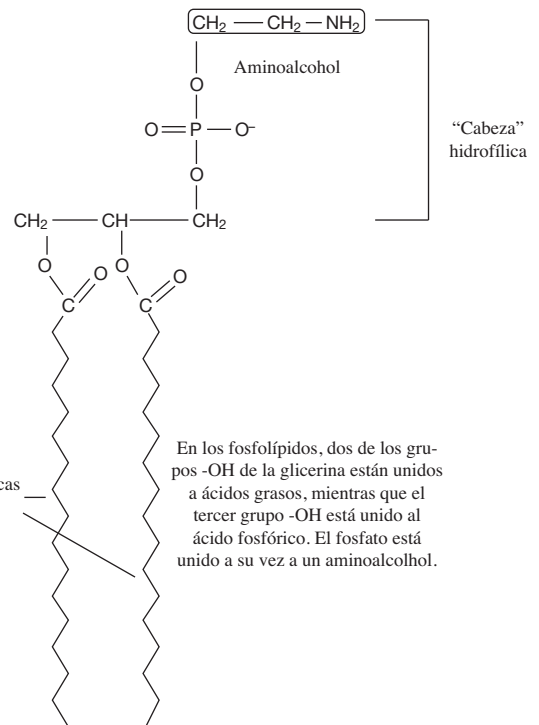
Son lípidos de composición química muy parecida a la de las grasas, es decir, glicerina más ácidos grasos. La diferencia estriba en que aquí uno de los tres ácidos grasos es sustituido por un grupo fosfato, el cual se une a otro compuesto químico, generalmente un aminoalcohol.

Ceras

Son ésteres de un ácido graso y un alcohol monovalente de cadena larga. Esto determina que las ceras sean sólidas y tengan puntos de fusión elevados. Sus funciones se exponen en la tabla de la página 45.

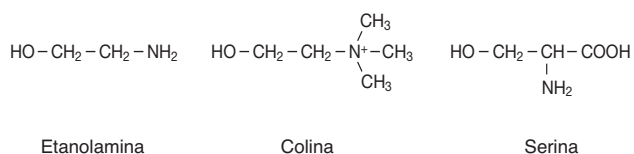


Formación de una cera por esterificación de un ácido graso con un alcohol graso.

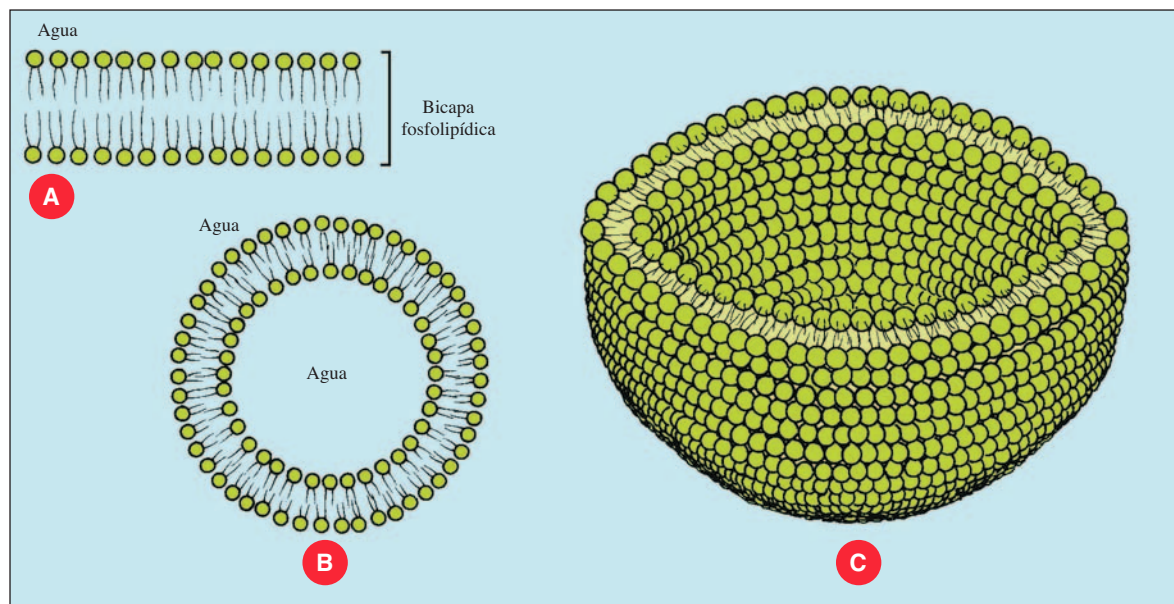


Estructura de los fosfolípidos.

Los aminoalcoholes más frecuentes son:



En los fosfolípidos se diferencian dos partes: por un lado las largas “colas” hidrofóbicas de los ácidos grasos; por otro, una “cabeza” polar, y por tanto hidrofílica, formada por el fosfato y su acompañante. Este hecho es de un gran interés biológico, permitiendo que estas sustancias formen la base estructural de las membranas celulares.



A) Bicapa de fosfolípidos. Las moléculas de fosfolípidos forman espontáneamente esta estructura en el agua. B) y C) Liposomas seccionados. Los liposomas son bicapas de fosfolípidos en forma de vesículas esféricas y se utilizan como modelo de membrana en estudios experimentales. También se emplean en cosmética.

Composición de lípidos de algunas membranas celulares

(Se representa el porcentaje de lípido total en peso)

Lípido	Membrana plasmática de una célula hepática	Membrana plasmática eritrocito	Mitocondria	Retículo endoplasmático	<i>E. coli</i>
Colesterol	17	23	3	6	0
Fosfatidiletanolamina	7	18	35	17	70
Fosfatidilserina	4	7	2	5	Trazas
Fosfatidilcolina	24	17	39	40	0
Esfingomielina	19	18	0	5	0
Glicolípidos	7	3	Trazas	Trazas	0
Otros	22	13	21	27	30

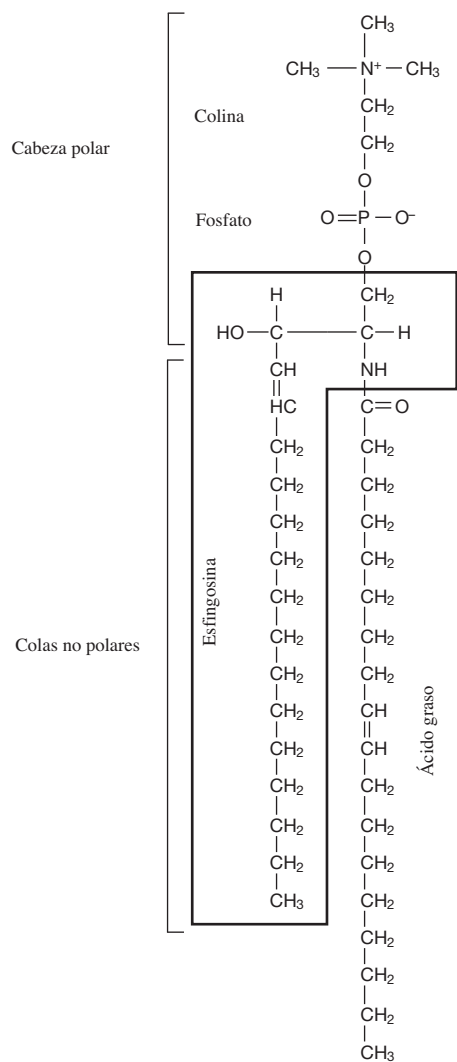
Esfingolípidos y glicolípidos

Los esfingolípidos y los glicolípidos son lípidos en los que el alcohol es la **esfingosina**, un alcohol de 18 átomos de carbono, dos grupos hidroxilo en posiciones 1 y 3, un grupo amino, y un doble enlace entre los carbonos 4 y 5.

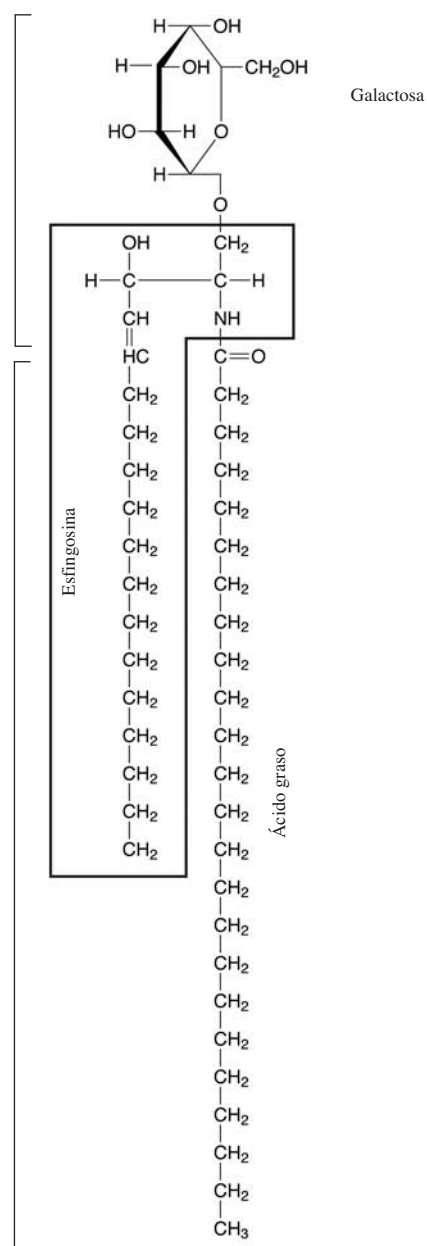
En los esfingolípidos el grupo amino de la esfingosina forma un enlace amida con un ácido graso, el grupo hidroxilo del carbono 1 está esterificado con ácido fosfórico y éste a su vez se esterifica con otro

alcohol. Si este segundo alcohol es la colina, el esfingolípidos recibe el nombre de **esfingomielina**.

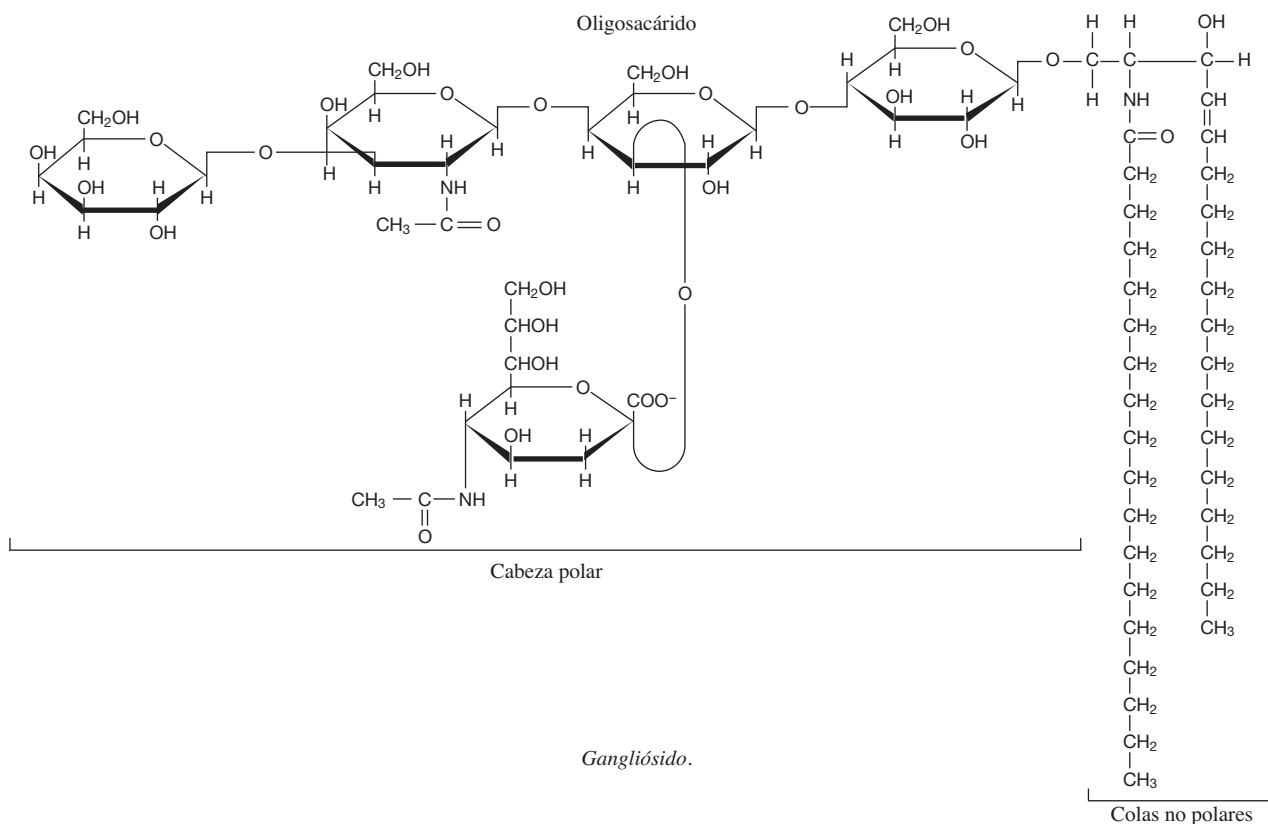
Los glicolípidos se caracterizan por la presencia, en su molécula, de monosacáridos o derivados de monosacáridos. Se diferencian dos tipos los **cerebrósidos** y los **gangliósidos**. En los cerebrósidos, la esfingosina se une por su grupo amina a un ácido graso, y los monosacáridos (generalmente glucosa o galactosa) se unen al -OH del carbono 1 por un enlace glucosídico. En los gangliósidos un oligosacárido se une al hidroxilo del carbono 1 en lugar de galactosa o glucosa.



Esfingomielina. Esfingolípidos de las membranas celulares, especialmente abundante en el tejido nervioso.



Cerebrósido (la galactosa se une a la esfingosina por un enlace glucosídico).



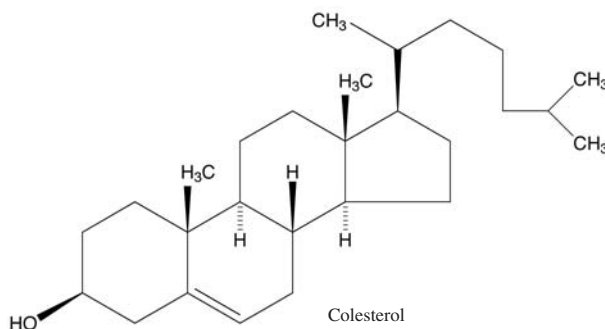
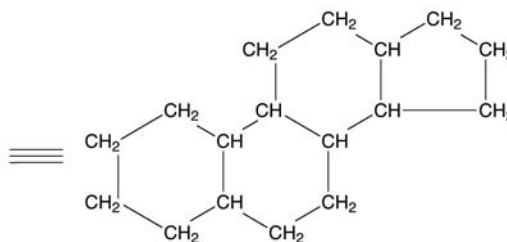
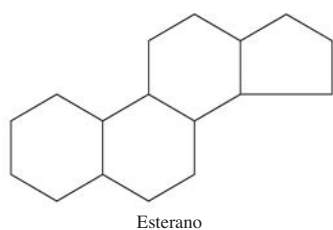
4. Lípidos sin ácidos grasos

Son lípidos estructuralmente muy distintos de los que hemos estudiado hasta ahora. En este grupo se incluyen los esteroides y los terpenos.

Esteroides

Los esteroides tienen un núcleo de 4 anillos (estero- no o ciclopentanoperhidrofenantreno), al cual se unen diversos grupos $-\text{CH}_3$ (metilo), $-\text{OH}$, u otros, según cada caso.

El representante más conocido es el colesterol, componente de las membranas celulares, de la mielina, y sustancia clave en el metabolismo de otros esteroides.

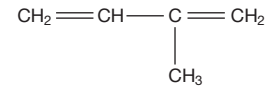


Otros esteroides importantes son las hormonas sexuales, las hormonas de la corteza suprarrenal, vitamina D, ácidos biliares, etc.

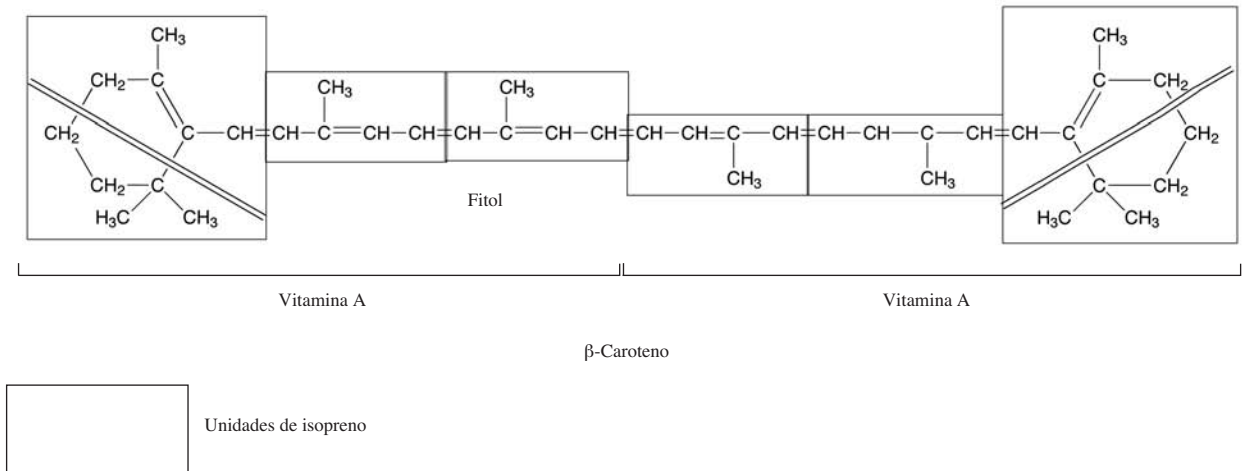
El fitol, alcohol que forma parte de la molécula de clorofila, pertenece a este grupo de lípidos. También son terpenos las vitaminas A, E y K y los carotenoides, pigmentos fotosintéticos y precursores de la vitamina A.

Terpenos

Los terpenos derivan sus fórmulas del isopreno, hidrocarburo de 5 carbonos. Son de cadena larga y abundan especialmente en las plantas.



Fórmula química del isopreno.



Algunos ejemplos de terpenos.



El fitol forma parte de la molécula de clorofila.



5. Funciones de los lípidos

Funciones de los lípidos

Acilglicéridos o grasas

Reservas energéticas de las células.

Ceras

Principalmente se utilizan como material impermeable por plantas y animales. Constituyen la cutícula de la epidermis de algunos órganos vegetales, por ejemplo, hojas, frutos y semillas. Se encuentran en el pelo, piel y plumas de animales, y en el exoesqueleto de los insectos.

Fosfolípidos

Componentes de membranas.

Esfingolípidos

Componentes de membranas.

Esteroides

- Ácidos biliares. Por ejemplo, el ácido cólico. Componentes de la bilis, formando parte de las sales biliares que emulsionan los lípidos durante la digestión.
- Hormonas sexuales. Por ejemplo: estrógenos, progesterona, testosterona.
- Colesterol. Componente de las membranas celulares.
- Vitamina D.
- Cardiotónicos. Por ejemplo, la digitalina, usada para terapias cardíacas.
- Hormonas de la corteza suprarrenal. Por ejemplo: aldosterona, corticosterona, cortisona.

Terpenos

- Esencias y aromas de los "aceites esenciales" de las plantas. Por ejemplo, mentol y alcanfor (2, 3 ó 4 unidades de isopreno).
- Giberelinas. Hormonas vegetales con 4 unidades de isopreno.
- Fitol (componente de la clorofila). Tiene 4 unidades de isopreno.
- Vitaminas A, E y K; tienen 4 unidades de isopreno.
- Carotenoides. Pigmentos fotosintéticos con 8 unidades de isopreno.

Lipoproteínas

- Las membranas son estructuras de lipoproteínas.
- Son también las formas de transporte de lípidos en la sangre y en la linfa.

Glicolípidos

- Componentes de las membranas celulares, particularmente en la mielina de las células nerviosas y en la superficie de otras células nerviosas.
- Se encuentran también presentes en la membrana de los cloroplastos.

4. Proteínas

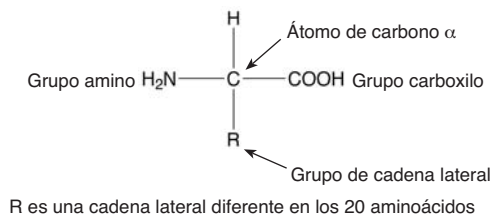
I. Concepto

Las proteínas son las moléculas orgánicas más abundantes en las células, pues constituyen el 50 % o más de su peso seco. Hay muchos tipos de proteínas diferentes: enzimas, hormonas, proteínas de reserva (como las que se encuentran en los huevos de las aves y reptiles, y en las semillas), proteínas contráctiles (del tipo de las que se encuentran en el músculo), inmunoglobulinas (anticuerpos), proteínas de membrana y muchos tipos de proteínas estructurales. Como puedes apreciar su diversidad funcional es abrumadora; sin embargo, químicamente no son tan complejas.

Las proteínas son polímeros lineales de α -aminoácidos unidos mediante enlaces peptídicos, con gran variabilidad estructural. Si los polímeros constan de menos de 100 aminoácidos se denominan **péptidos**.

2. Los monómeros de las proteínas: los aminoácidos

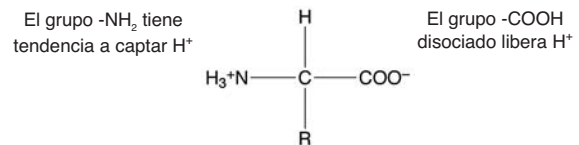
Los aminoácidos son variados químicamente, pero todos ellos contienen un grupo de ácido carboxílico y un grupo amino, ambos unidos al mismo átomo de carbono.



Fórmula general de un aminoácido.

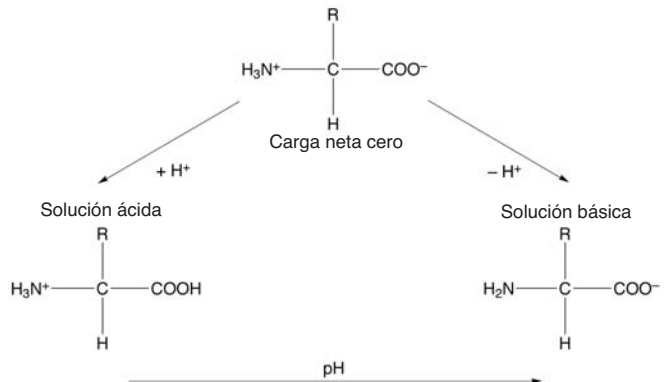
Las características básicas del $-NH_2$ y las ácidas del $-COOH$, hacen que los aminoácidos puedan comportarse como ácidos y como bases según el pH del medio, es decir, son anfóteros.

Cada aminoácido tiene un determinado pH para el cual se comporta de forma neutra, llamada **zwitterion**, es decir, como un dipolo con cargas positivas en el extremo básico y cargas negativas en el extremo ácido.



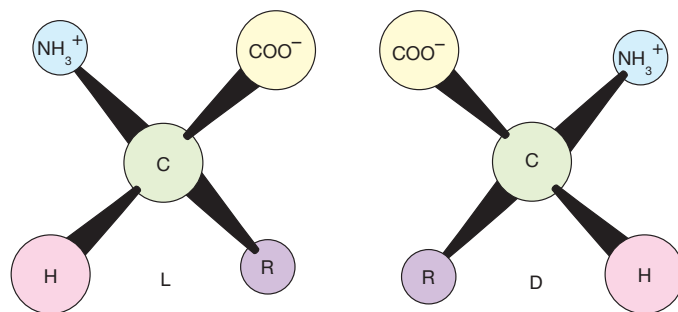
Forma zwitterion del aminoácido.

Este pH específico causante de la neutralidad se denomina **punto isoelectrico** del aminoácido. Si este pH aumentase, el carácter anfótero del aminoácido le haría ceder un ión H^+ y actuar como un ácido equilibrador del pH. Si el pH disminuyera, el aminoácido se comportaría como una base. Vemos, por tanto, que estas sustancias pueden actuar como amortiguadores o sistemas "tampón" en los seres vivos, evitando los peligrosos cambios de pH.



Los aminoácidos pueden comportarse como ácidos o como bases.

En la siguiente tabla tenemos las fórmulas de los principales aminoácidos de las proteínas, unos 20. Vemos que, salvo en la glicocola, en los demás el carbono α es asimétrico. Por tanto, de cada aminoácido podrá haber dos isómeros ópticos, D y L. En la naturaleza casi todos se presentan en la forma L.



Isómeros ópticos (D y L) de los aminoácidos.

Familias de aminoácidos

Los aminoácidos se clasifican en función de que sus cadenas laterales sean: ácidas, básicas, polares no cargadas o no polares. El nombre de los aminoácidos se puede abreviar utilizando tres letras o una sola letra. Por ejemplo, Alanina = Ala = A.

I. Cadenas laterales no polares

Nombre	Abreviatura	Fórmula
Alanina	Ala	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{COO}^- \\ \\ \text{+NH}_3 \end{array}$
Valina	Val	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{C}-\text{COO}^- \\ \quad \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{+NH}_3 \end{array}$
Leucina	Leu	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COO}^- \\ \quad \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{+NH}_3 \end{array}$
Isoleucina	Ile	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{C}-\text{COOH}^- \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{+NH}_3 \end{array}$
Fenilalanina	Phe	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COOH}^- \\ \\ \text{+NH}_3 \end{array}$
Metionina	Met	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COO}^- \\ \\ \text{+NH}_3 \end{array}$
Triptófano	Trp	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{C}_8\text{H}_6\text{N}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COO}^- \\ \\ \text{+NH}_3 \end{array}$
Prolina	Pro	$\begin{array}{c} \text{H}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{C}-\text{COO}^- \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{C} \\ \quad \\ \text{N} \quad \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$

II. Cadenas laterales polares no cargadas		
Nombre	Abreviatura	Fórmula
Glicina (o glicocola)	Gly	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{COO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$
Serina	Ser	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{OH}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$
Treonina	Thr	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{C}-\text{COO}^- \\ \quad \\ \text{OH} \quad ^+\text{NH}_3 \end{array}$
Cisteína	Cys	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{HS}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$
Tirosina	Tyr	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$
Asparragina	Asn	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{C}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$
Glutamina	Gln	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$

III. Cadenas laterales ácidas		
Nombre	Abreviatura	Fórmula
Ácido aspártico	Asp	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ ^-\text{O}-\text{C}=\text{O}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$
Ácido glutámico	Glu	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ ^-\text{O}-\text{C}=\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}-\text{COO}^- \\ \\ ^+\text{NH}_3 \end{array}$

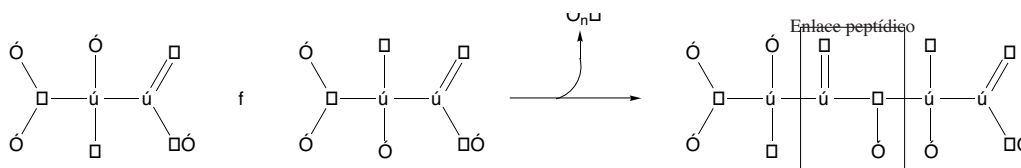
IV. Cadenas laterales básicas

Nombre	Abreviatura	Fórmula
Lisina	Lys	$\text{H}_3\text{N}^+ - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \underset{\substack{ \\ \text{NH}_3^+}}{\text{C}} - \text{COO}^-$
Arginina	Arg	$\text{H}_2\text{N} - \underset{\substack{ \\ \text{NH}_2^+}}{\text{C}} - \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \underset{\substack{ \\ \text{NH}_3^+}}{\text{C}} - \text{COO}^-$
Histidina	Hys	$\text{HC} = \underset{\substack{ \\ \text{HN}^+}}{\text{C}} - \underset{\substack{ \\ \text{NH}}}{\text{C}} - \text{CH}_2 - \underset{\substack{ \\ \text{NH}_3^+}}{\text{C}} - \text{COO}^-$

3. Enlaces peptídicos

Dos aminoácidos se unen covalentemente entre sí, mediante la formación del llamado enlace peptídico entre el grupo ácido de uno y el amino del otro, con la correspondiente eliminación de agua. El compuesto resultante es un **dipéptido**. Este puede seguir uniéndose

con nuevos aminoácidos para formar una larga cadena que se denomina **polipéptido**. En cualquier polipéptido el grupo amino ($-\text{NH}_3^+$) libre se escribe a la izquierda, y el grupo carboxilo libre ($-\text{COO}^-$) a la derecha. Esta cadena, cuando alcanza un mayor tamaño y complejidad será ya una proteína.

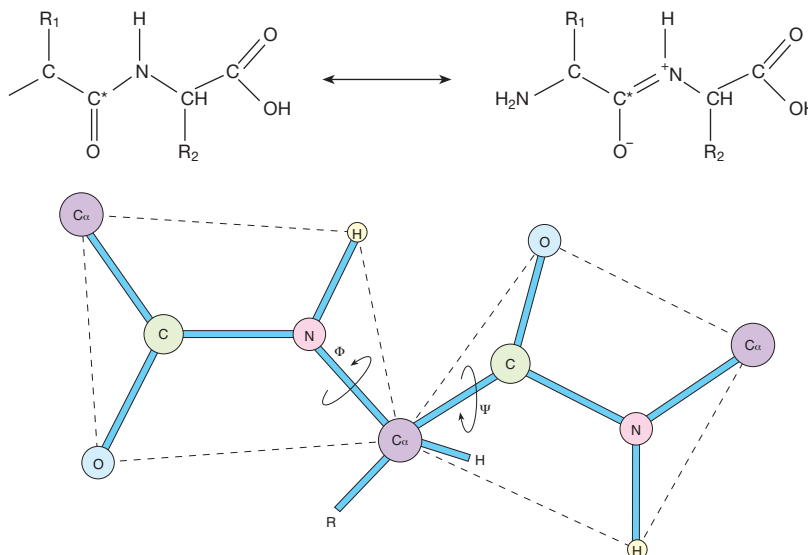


Formación de un dipéptido por la unión de dos aminoácidos mediante un enlace peptídico.

El enlace peptídico está estabilizado por resonancia y como consecuencia:

- El grupo NH del enlace peptídico no tiene tendencia a captar iones H^+ .

–El enlace C-N señalado con * no puede girar libremente, por lo cual los 6 átomos implicados en el enlace peptídico están en un mismo plano.



4. Estructura de las proteínas

Como hemos visto, las proteínas son moléculas grandes, macromoléculas, formadas por cadenas de aminoácidos. Ya se ha dicho que constituyen el grupo orgánico más abundante en las células, más del 50 % de la masa total seca.

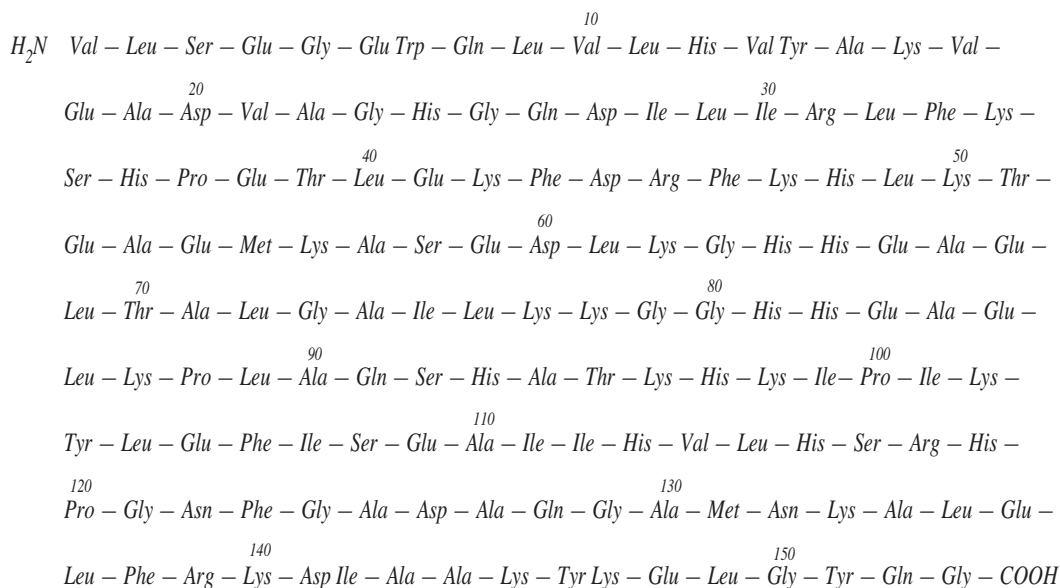
El tamaño de las proteínas puede oscilar desde una centena de aminoácidos hasta varios miles, en una o más cadenas de polipéptidos.

La variedad de las proteínas es potencialmente ilimitada, diversidad que se sustenta en los diferentes

niveles estructurales que se definen en estas moléculas. Esta diversidad permite a las proteínas desempeñar una gran cantidad de funciones estructurales y metabólicas en los organismos, como puedes observar en la tabla de las páginas 59 y 60.

Se han descrito hasta cuatro niveles de organización en las proteínas.

La **estructura primaria** viene determinada por el número y secuencia de aminoácidos en la cadena polipeptídica. Cada proteína diferente tiene una estructura primaria diferente.



Estructura primaria de la mioglobina. Esta proteína está constituida por una cadena polipeptídica formada por 153 aminoácidos.

–Suponiendo que A y B representan 2 aminoácidos, escribe las estructuras primarias de sus tripéptidos.

–Calcula el número de cadenas de aminoácidos diferentes para una proteína de 100 aminoácidos formada por 2 aminoácidos distintos.

–Calcula el número de cadenas de aminoácidos (estructuras primarias) diferentes que se pueden formar con los 20 aminoácidos. Calcula el resultado para el caso concreto de una cadena de 10 aminoácidos.

–¿Qué conclusión se puede extraer de todo esto?

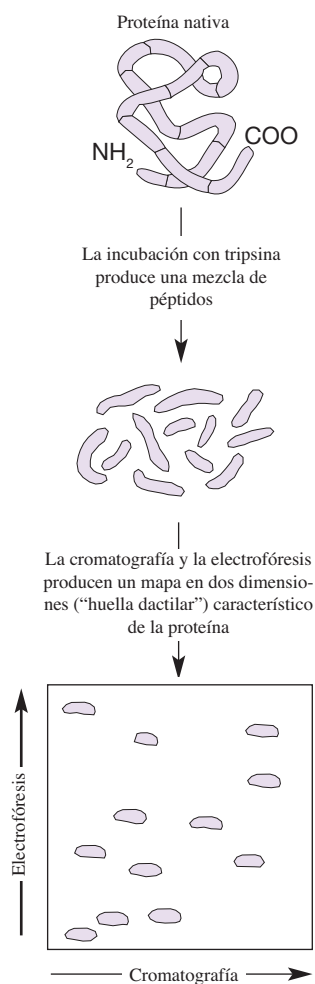
Determinación de la secuencia aminoácida

Frederick Sanger fue uno de los pioneros en estudiar en Cambridge la secuencia de aminoácidos de las proteínas. Empleó diez años (1944-1954) en determinar la secuencia de aminoácidos de la insulina, siendo esta hormona la primera proteína de la que se conoció su estructura primaria.

El proceso para determinar la estructura primaria de una proteína comprende una serie de fases:

1ª fase. Consiste en romper la proteína en fragmentos más pequeños, utilizando para ello enzimas proteolíticas y reactivos químicos que rompen la proteína en determinados residuos de aminoácidos; por ejemplo, la tripsina “corta” por el lado carboxilo de los residuos de lisina o de arginina. En la tabla adjunta se indican algunas de las enzimas y reactivos que se utilizan para romper los enlaces peptídicos.

	Aminoácido 1	Aminoácido 2
Enzima		
Tripsina	Lys o Arg	Cualquiera
Quimotripsina	Phe, Trp o Tyr	Cualquiera
Proteasa V8	Glu	Cualquiera
Compuesto químico		
Bromuro de cianógeno	Met	Cualquiera
2-nitro-5-tiocianobenzoato	Cualquiera	Cys



Producción de un mapa peptídico, o “huella dactilar”, de una proteína.

2ª fase. La mezcla de péptidos se separa mediante cromatografía o electrofóresis. El patrón de manchas obtenido se denomina **mapa peptídico** o “huella dactilar” de la proteína.

3ª fase. Consiste en determinar la secuencia de aminoácidos de cada fragmento peptídico aislado mediante una serie repetida de reacciones químicas. El péptido se expone a un compuesto químico que reacciona únicamente con el grupo amino libre del extremo amino terminal. Después, el compuesto químico es activado mediante la exposición a un ácido débil, con lo que se rompe el enlace peptídico que une el aminoácido amino terminal al péptido; el aminoácido que se ha separado se identifica por métodos cromatográficos.

El péptido restante, que tiene un aminoácido menos, se somete a la misma secuencia de reacciones, y así sucesivamente hasta que se determinan todos los aminoácidos de la secuencia.

Para la determinación de la estructura primaria de una proteína es necesario repetir las tres fases utilizando reactivos distintos para fragmentar la proteína.

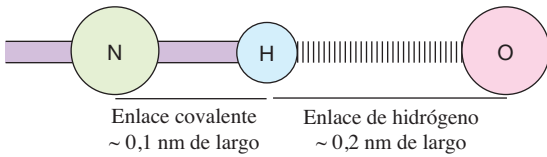
Comparando y superponiendo las secuencias de los diferentes grupos de fragmentos peptídicos, obtenidos mediante el fraccionamiento de la misma proteína utilizando diferentes enzimas proteolíticas y reactivos químicos, pueden ordenarse los péptidos en una secuencia correcta.

A pesar de que la fase 3 está automatizada, la determinación de la secuencia de aminoácidos de una proteína es un proceso laborioso. .../...

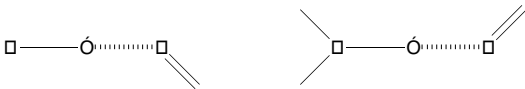
Enlaces entre los aminoácidos

ENLACES DE HIDRÓGENO

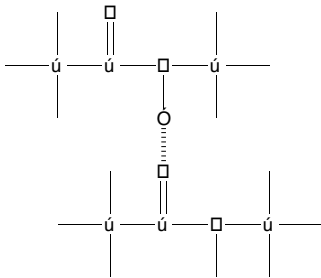
Un átomo de hidrógeno es compartido por otros dos átomos de moléculas distintas (ambos electronegativos, como el O y el N), formando un enlace o puente de hidrógeno.



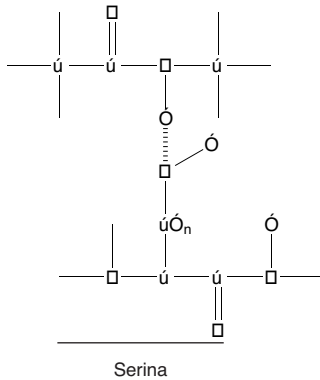
Los enlaces de hidrógeno son más fuertes cuando los tres átomos están en línea recta.



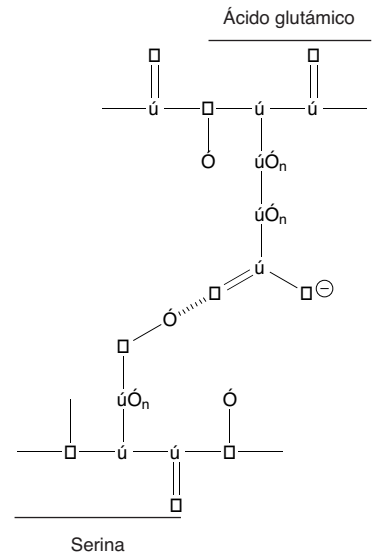
Enlace de hidrógeno entre átomos de 2 enlaces peptídicos.



Enlace de hidrógeno entre átomos de un enlace peptídico y un residuo de aminoácido.

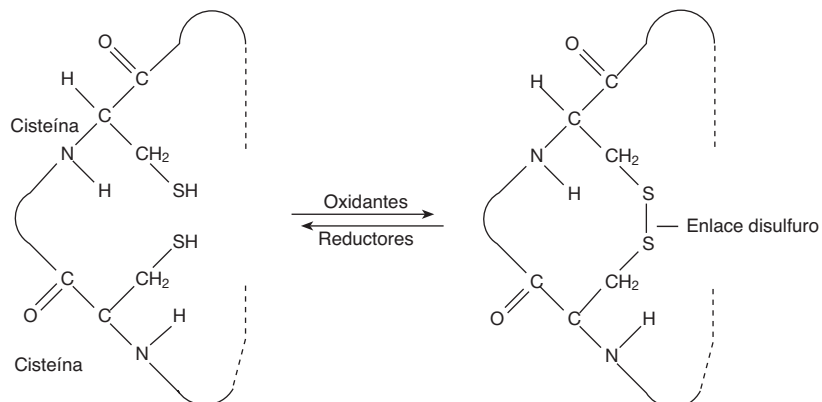


Enlace de hidrógeno entre 2 residuos de aminoácidos.



ENLACES DISULFURO

Formación de un enlace disulfuro (covalente) entre los grupos -SH de dos cisteínas vecinas de una proteína.

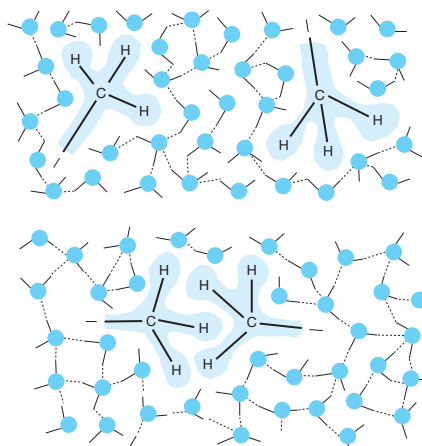


.../...

.../...

ENLACES HIDRÓFOBOS

El agua une los grupos hidrofóbicos con el fin de minimizar su efecto destructor sobre su estructura. Estos grupos hidrofóbicos están unidos por "enlaces hidrofóbicos".



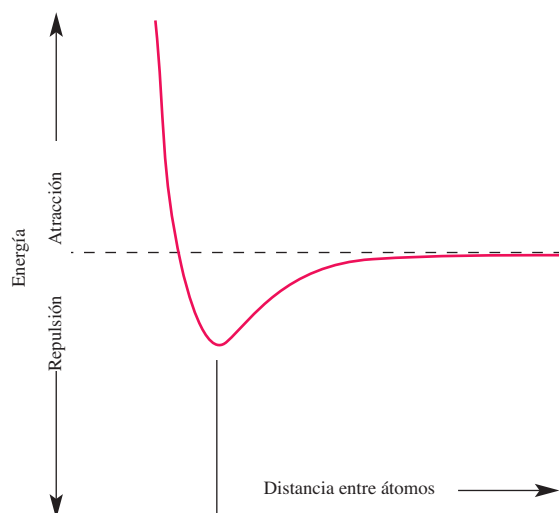
FUERZAS DE VAN DER WAALS

A una distancia muy reducida, dos átomos muestran una débil interacción debido a sus cargas eléctricas fluctuantes. Esta fuerza recibe el nombre de Van der Waals.

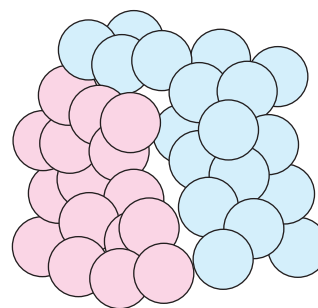
Cada tipo de átomo tiene un radio en el que las fuerzas de Van der Waals son óptimas.



Fuerza de Van der Waals óptima en este punto distante.



Aunque individualmente son muy débiles, las fuerzas de Van der Waals pueden ser importantes cuando dos superficies macromoleculares se adaptan estrechamente una a otra.



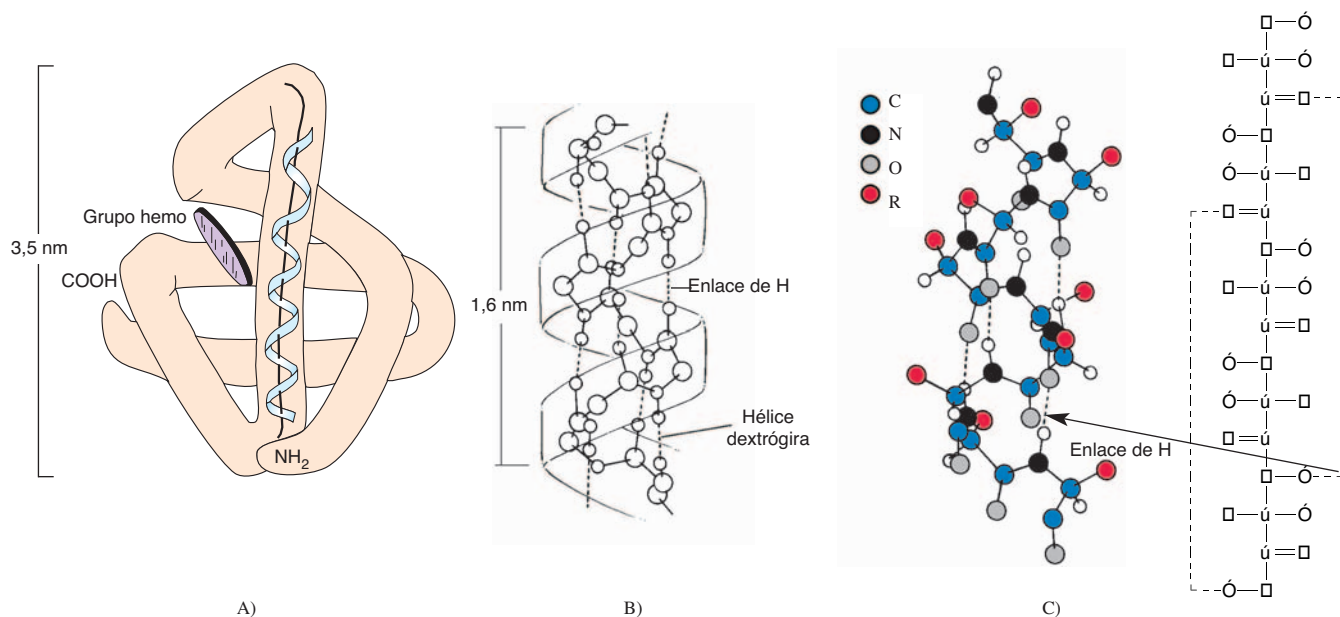
Una determinada cadena de aminoácidos no es una estructura rígida sino flexible debido a la rotación de los enlaces de sus aminoácidos, a excepción del enlace peptídico. En principio, cualquier molécula proteica puede adoptar un número enorme de formas diferentes, o **conformaciones**. Sin embargo, en condiciones biológicas, la mayoría de las cadenas polipeptídicas se pliegan adoptando una sola de estas conformaciones. Esto es debido a que en su interior se forman nuevos enlaces entre los grupos funcionales de sus aminoácidos (ver cuadro de ampliación). Dependiendo del tipo de aminoácidos y de su secuencia (estructura primaria), la cadena polipeptídica podrá adoptar una conformación espacial u otra.

Aunque toda información necesaria para el plegamiento de una cadena proteica se halla contenida en su secuencia de aminoácidos, todavía no se ha aprendido a "leer" esa información para poder predecir la conformación de una proteína cuya estructura primaria se conozca. Por lo tanto, la conformación de una proteína sólo puede determinarse

mediante análisis por difracción de rayos X realizado sobre cristales de proteína.

La **estructura secundaria** de una proteína hace referencia a la primera reordenación espacial de la misma. Linus Pauling y su colaborador Robert Corey (1951) descubrieron que podían formarse puentes de hidrógeno entre el hidrógeno ligeramente positivo del grupo amino de un aminoácido y el oxígeno ligeramente negativo del carbonilo de otro aminoácido. Dilucidaron dos estructuras que podrían ser resultado de estos puentes de hidrógeno, denominadas **hélice alfa** (por ser la primera en ser descubierta) y **lámina beta**.

La hélice α se forma cuando una cadena polipeptídica gira sobre sí misma para formar una hélice en la que cada enlace peptídico está unido regularmente por puentes de hidrógeno a otros enlaces peptídicos de la cadena. Muchas proteínas globulares contienen breves regiones de hélices α , mientras que se encuentran largas regiones de hélices α en muchas proteínas estructurales como la queratina.

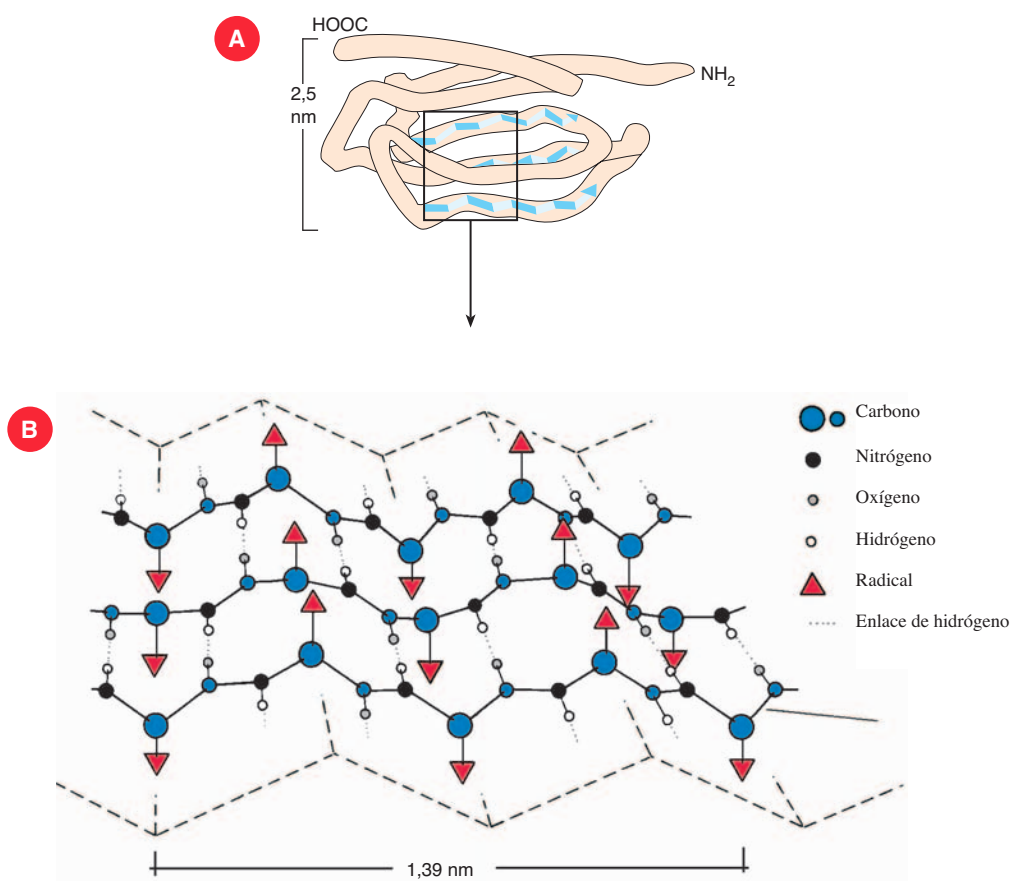


Esquemas de la estructura secundaria en hélice alfa de las proteínas. A) Molécula de mioglobina mostrando una región con estructura secundaria en hélice. B y C) Detalles de la α hélice.

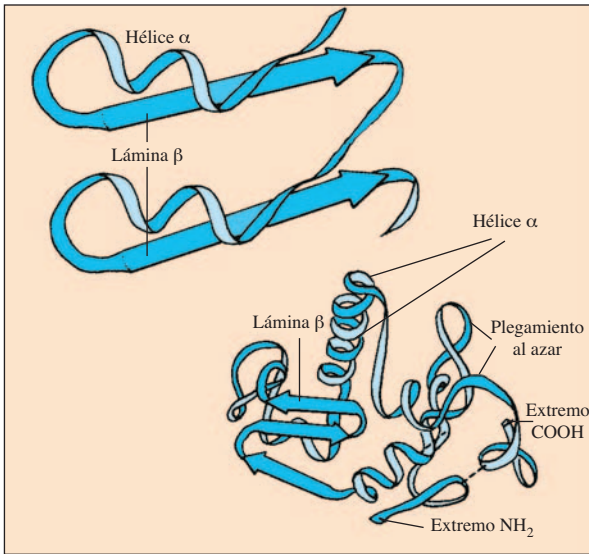
La estructura de la **lámina β** se forma cuando una cadena polipeptídica se pliega hacia adelante y hacia atrás sobre sí misma, de tal forma que diferentes tramos de la cadena, bien aquellos que discurren en el mismo sentido (paralelos) o los que lo hacen en sentido contrario (antiparalelos), quedan enfrentados y se unen mediante puentes de hidrógeno entre los átomos de los enlaces peptídicos. Este tipo de plegamiento, estudiado por primera vez en la proteína llamada fibroína que se encuentra en la seda, es muy frecuente en las proteínas globulares.

Estas configuraciones a su vez pueden reordenarse, de nuevo, originando la **estructura terciaria**. En este caso los enlaces responsables pueden ser de varios tipos, destacando los **enlaces de hidrógeno, disulfuro e interacciones hidrofóbicas**.

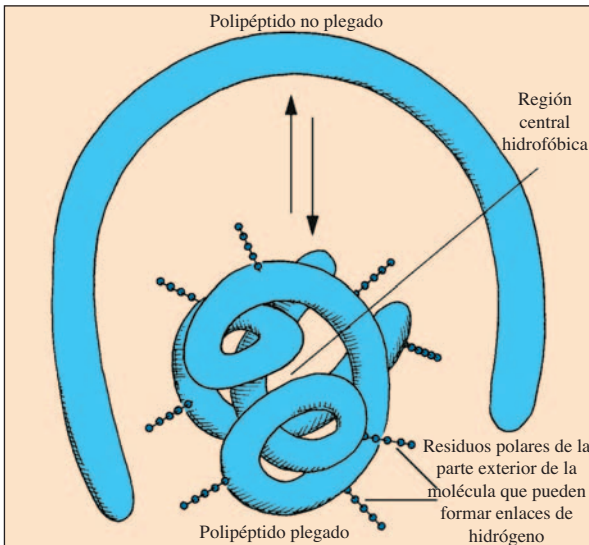
Generalmente, la estructura terciaria de una proteína incluye regiones con estructura en hélice α , lámina β e incluso cierto grado de plegamiento al azar como puede observarse en la figura.



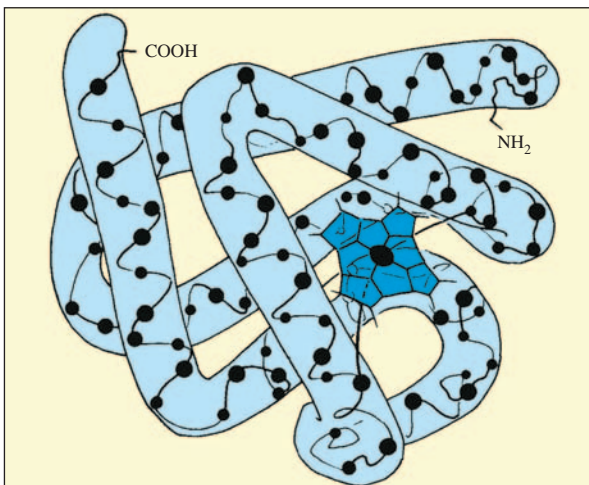
Esquemas de la estructura secundaria en lámina β de las proteínas. A) Molécula de inmunoglobulina con una región con estructura secundaria en lámina β . B) Detalle de la lámina β .



Ejemplos de la estructura terciaria de las proteínas, en los que muestran regiones con distinta estructura secundaria: hélice α , lámina β y plegamiento al azar.



Esquema del plegado en conformación globular de una proteína en un medio acuoso.



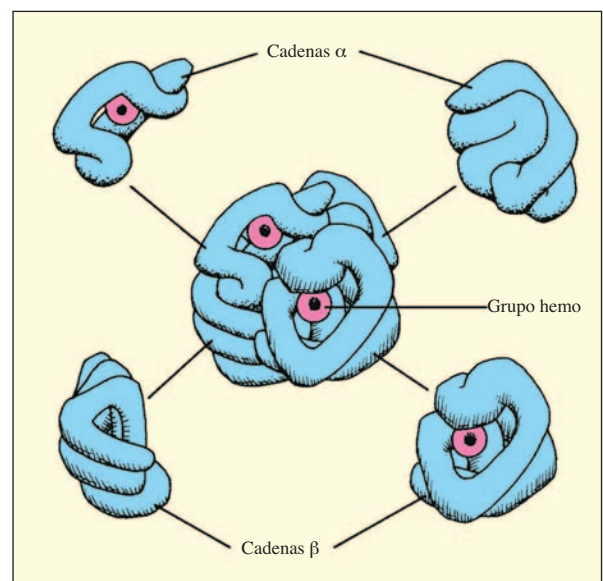
Estructura terciaria de la mioglobina.

En una proteína con estructura terciaria globular típica, como la mayoría de las enzimas, el interior puede contener láminas β rodeado por una cubierta de hélices α . En medio acuoso, las cadenas laterales apolares quedarán hacia el interior, y las polares en la superficie.

La primera proteína para la que se conoció la estructura terciaria fue la mioglobina. En 1963, J. C. Kendrew y M. Perutz, mediante análisis por difracción de rayos X realizado sobre cristales de la proteína, dilucidaron la estructura secundaria y terciaria de esta proteína:

- estructura secundaria: alrededor del 75 % de la cadena tiene estructura de hélice α ;
- estructura terciaria: está constituida por ocho segmentos relativamente rectos con estructura de hélice α , separados por zonas curvas.

Muchas proteínas están compuestas por varias cadenas de polipéptidos unidas por enlaces de hidrógeno, iónicos y otros. Este nivel de organización constituye la **estructura cuaternaria**. Varias proteínas importantes, como la hemoglobina con 4 cadenas, y la insulina, con 2, presentan esta organización. La estructura cuaternaria de la hemoglobina se muestra en la figura; esta proteína está constituida por cuatro cadenas polipeptídicas, dos con 141 aminoácidos que se denominan α , y otras dos β con 146 aminoácidos. Cada una de las cadenas lleva unido un grupo hemo y la estructura terciaria de ambos tipos de cadenas es muy semejante a la de la mioglobina.



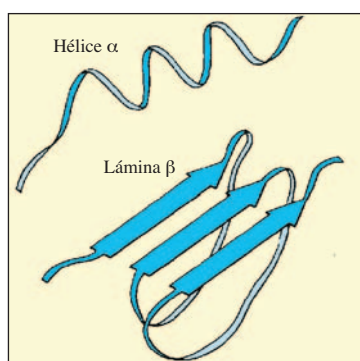
Estructura cuaternaria de la hemoglobina.

Cuadro resumen. Niveles de estructura proteica.

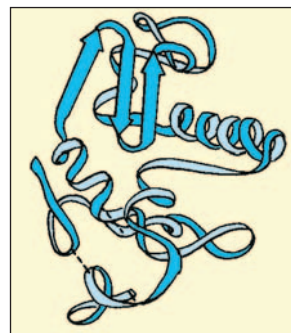
1. Estructura primaria. Secuencia de aminoácidos

... – Pro – Glu – Ser – Ala – Val – Asp – Cys –
Lys – Met –...

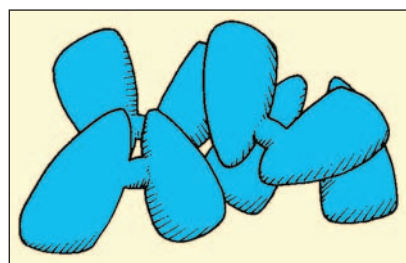
2. Estructura secundaria



3. Estructura terciaria



4. Estructura cuaternaria



5. Propiedades de las proteínas

Especificidad

Es probablemente la propiedad más destacada de las proteínas. No existen dos organismos que tengan exactamente las mismas proteínas. Siempre hay algunas específicas de cada ser que le hacen ser diferente de los demás. Esta propiedad es la responsable de los rechazos en las transfusiones y trasplantes, de las alergias, etc. Estas diferencias se hacen menores en la medida en que los dos organismos estén más emparentados, es decir, su antepasado común esté más cerca en el árbol genealógico de ambos. Pensemos en el símil de nuestros apellidos.

Por otra parte, existe la especificidad funcional. La función de una proteína depende de su adecuada estructura, generalmente terciaria, y una mínima variación puede impedir realizar dicha función.

Solubilidad

La solubilidad de las proteínas depende del tamaño y la forma de las moléculas, de los radicales de los aminoácidos y su disposición, y del pH del medio. Los radicales de los aminoácidos, al ionizarse, forman enlaces por puentes de hidrógeno con el agua. De esta manera, la proteína queda recubierta de una capa de moléculas de agua que impide que pueda unirse con otras proteínas.

El gran tamaño molecular de muchas proteínas explica que formen disoluciones coloidales.

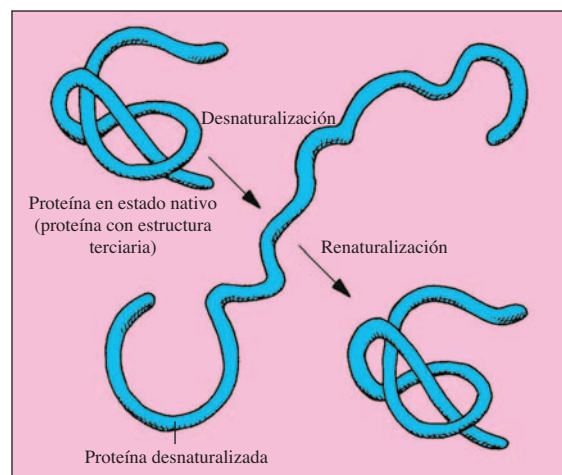
Desnaturalización

Como hemos indicado anteriormente, aunque teóricamente una proteína podría plegarse en un número infinito de formas, cada proteína adopta una determinada conformación que se denomina **nativa**. Al proceso de descomponer la estructura nativa de una proteína se denomina **desnaturalización**. La desnaturalización se puede realizar por cambios de temperatura (la mayoría de las proteínas globulares se desnaturalizan al calentarse por encima de 60 - 70 °C) o de pH.

Si el tratamiento de desnaturalización es suficientemente suave, generalmente se puede revertir, y la proteína desplegada se pliega de nuevo espontáneamente en su conformación original.

-En la fabricación del yogur, determinadas bacterias convierten la lactosa de la leche en ácido láctico. ¿Cómo afectara el cambio de pH a la caseína de la leche?

-Al cocer o freír un huevo, se desnaturaliza la albúmina de la clara. ¿Qué consecuencia tiene esta desnaturalización sobre la solubilidad de la ovoalbúmina? ¿Por qué?



Desnaturalización reversible de una proteína globular.

6. Clasificación

Como se ha visto, existe una enorme variedad de proteínas en los seres vivos. Se pueden clasificar según

diferentes criterios. Nosotros vamos a clasificarlas según su composición. En la tabla (tabla de ampliación) se presentan otros dos métodos de clasificación de las proteínas: según su estructura y según su función.

Clasificación de las proteínas según su composición

1. Proteínas simples. Constituidas exclusivamente por aminoácidos.

Nombre	Propiedades	Localización
Albúminas	Neutras. Solubles en agua. Solubles en disoluciones salinas.	En la clara de huevo (ovoalbúmina), en el plasma sanguíneo (seroalbúmina), en la leche (lactoalbúmina).
Globulinas	Neutras. Insolubles en agua. Solubles en disoluciones salinas.	En el plasma sanguíneo, en los tejidos metabólicamente activos.
Histonas	Básicas. Solubles en agua. Insolubles en soluciones diluidas de amoníaco.	Asociada al DNA en las células somáticas.
Escleroproteínas	Insolubles en agua y otros disolventes. Muy resistentes tanto a ácidos como a bases.	La queratina de la piel, pelo, uñas, etc.; el colágeno de los huesos y tendones; la elastina de los ligamentos.

2. Proteínas conjugadas. Además de las cadenas polipeptídicas, tienen otras moléculas formando parte de su estructura. Las moléculas no proteicas constituyen el grupo prostético.

Nombre	Grupo prostético	Localización
Fosfoproteínas	Grupos fosfato	En la leche (caseína), en la yema del huevo.
Glicoproteínas	Hidratos de carbono	En el plasma sanguíneo, mucina (en la saliva).
Nucleoproteínas	Ácidos nucleicos	En los cromosomas, ribosomas y virus.

Nombre	Grupo prostético	Localización
Cromoproteínas	Pigmentos	Hemoglobina de la sangre de los vertebrados, fitocromo (pigmento de las plantas), citocromo (pigmento respiratorio).
Lipoproteínas	Lípidos	En la sangre, son transportadoras de lípidos.
Flavoproteínas	FAD (flavín adenindinucleótido)	Transportador de electrones en la cadena respiratoria.
Metaloproteínas	Metales	Ejemplo: nitrato reductasa, enzima de las plantas que cataliza la conversión de nitratos en nitritos.

Otras clasificaciones de las proteínas

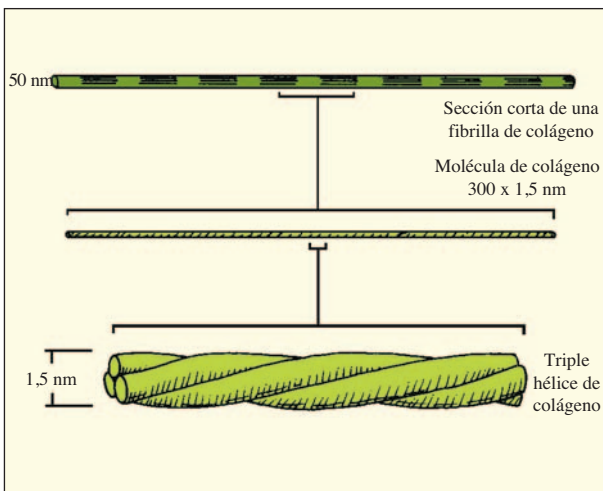
I. Según su estructura

Tipo	Estructura y propiedades	Función
Fibrosa	Estructura secundaria fundamentalmente. Insolubles en agua. Físicamente resistentes. Largas cadenas polipeptídicas paralelas unidas a intervalos formando largas fibras.	Función estructural en células y organismos. Ejemplo: componentes del tejido conjuntivo, colágeno (tendones, matriz de los huesos), queratina (pelo, cuernos, uñas, plumas).
Globular	Estructura terciaria. Cadenas polipeptídicas plegadas adoptando una forma esférica. Solubles en agua, formando disoluciones coloidales.	Globulinas del suero, muy importantes en inmunología. Enzimas, anticuerpos y algunas hormonas, por ejemplo la insulina. Mantiene la organización celular.
Intermedia	Fibrosa, pero soluble.	Ejemplo: Fibrinógeno, proteína que interviene en la coagulación de la sangre.

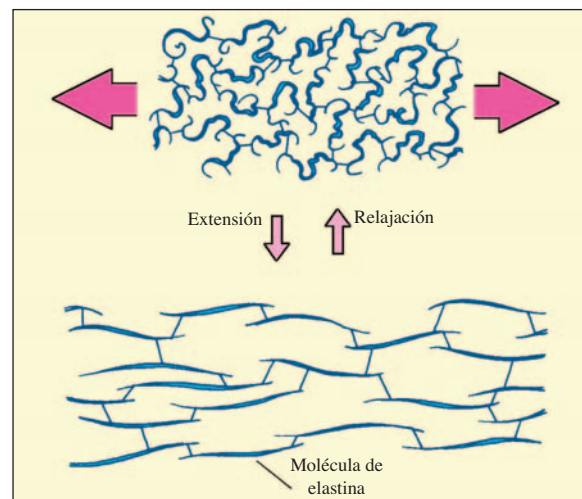
II. Según su función

Tipo	Ejemplos	Localización y/o función
Estructural	Colágeno	Componente del tejido conjuntivo, hueso, tendones, cartilago.
	Queratina	Piel, plumas, pelo, uñas, cuernos.
	Elastina	Tejido conjuntivo elástico (ligamentos).
	Histonas	Forman la estructura de la cromatina y de los cromosomas.
	Glicoproteínas	Intervienen en la formación de las membranas celulares.
Enzimas	Tripsina	Cataliza la hidrólisis de las proteínas.
	Ribulosa difosfato carboxilasa	Cataliza la carboxilación (adición de CO ₂) a la ribulosa difosfato en la fotosíntesis.

Tipo	Ejemplos	Localización y/o función
Hormonas	Insulina Glucagón ACTH	Regulan el metabolismo de la glucosa. Estimula el crecimiento y la actividad de la corteza de las cápsulas suprarrenales.
De transporte	Hemoglobina Hemocianina Mioglobina Lipoproteínas Citocromos	Transporta O ₂ en la sangre de los vertebrados. Transporta O ₂ en la sangre de algunos invertebrados. Transporta O ₂ en los músculos. Transportan colesterol, triacilglicéridos y otros lípidos en la sangre. Transporta electrones en la cadena respiratoria.
Protectora	Anticuerpos (inmunoglobulinas) Fibrinógeno Trombina	Forman complejos con los antígenos que penetran en el organismo. Precursor de la fibrina en la coagulación de la sangre. Interviene en la coagulación de la sangre.
De reserva	Ovoalbúmina Caseína	En el huevo. En la leche.
Toxinas	Toxina de la difteria Venenos de serpientes	Toxina fabricada por la bacteria causante de la difteria. Enzimas.



Estructura del colágeno. El colágeno es una triple hélice formada por tres cadenas proteicas extendidas, dispuestas en paralelo. Muchas moléculas de colágeno están unidas entre sí formando las fibrillas y fibras de colágeno.



Estructura de la elastina. La elastina está compuesta por polipéptidos flexibles unidos. Al estirla, las moléculas se desenrollan y adoptan una conformación más extendida.

5. Ácidos nucleicos

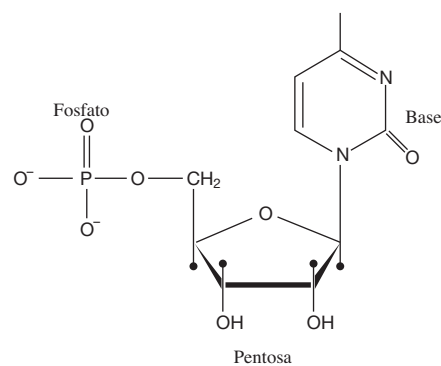
I. Concepto

Los ácidos nucleicos son esenciales para la vida. Ellos constituyen el material genético de todos los seres vivos, es decir, la información para la síntesis de la gran variedad de proteínas que se encuentran en los organismos está codificada en los ácidos nucleicos y es traducida por éstos. Así de sencillo resulta ahora indicar la función de los ácidos nucleicos. Sin embargo, la historia de la ciencia nos demuestra que no fue fácil llegar a este conocimiento. En el tema de genética molecular describiremos los estudios que llevaron a conocer la naturaleza química de los genes, y estudiaremos los procesos mediante los cuales los ácidos nucleicos desempeñan sus funciones, ocupándonos ahora de estudiar la composición química y estructura de los ácidos nucleicos.

Los ácidos nucleicos, ácido desoxirribonucleico (DNA) y ácido ribonucleico (RNA), son polímeros de nucleótidos.

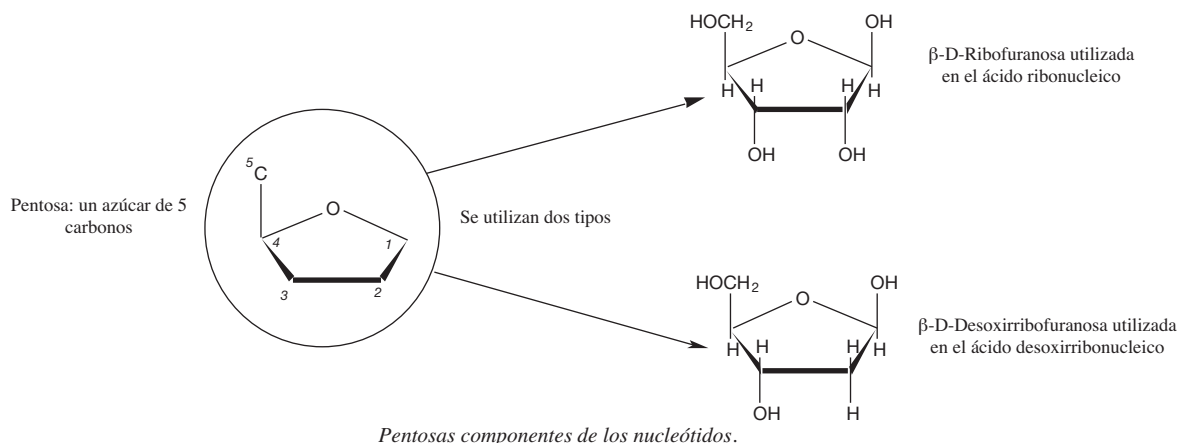
2. Los monómeros de los ácidos nucleicos: los nucleótidos

Un nucleótido está formado por la unión de tres moléculas: un **monosacárido** de 5 carbonos (pentosa), una **base nitrogenada** y el **ácido fosfórico**.



Fórmula general de un nucleótido.

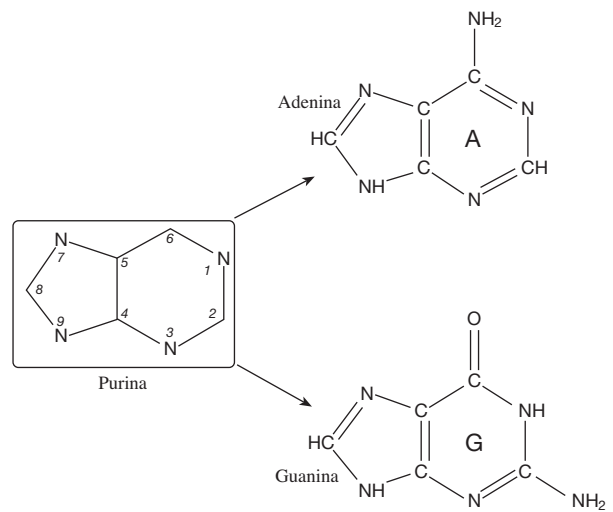
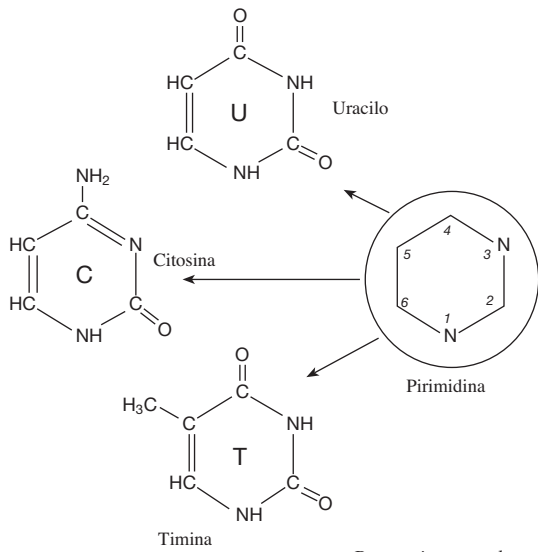
La pentosa puede ser de dos tipos: ribosa ó 2-desoxirribosa. En el RNA hay ribosa (**ribonucleótidos**) y en el DNA desoxirribosa (**desoxirribonucleótidos**). Los carbonos de la pentosa se numeran como 1', 2', etc., para diferenciarlos de los de la base nitrogenada.



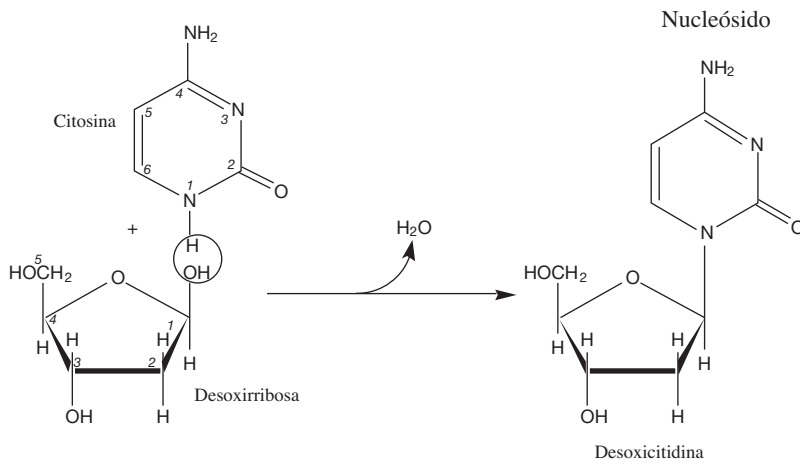
Las bases nitrogenadas son moléculas cíclicas, derivadas de dos anillos básicos: el de la **purina** y el de la **pirimidina**. Las bases nitrogenadas que se encuentran más frecuentemente en el DNA y RNA son las derivadas de la purina (**adenina** y **guanina**) y de la pirimidina (**uracilo**, **citocina** y **timina**). De éstas, la adenina, la guanina y la citosina se encuentran tanto en el DNA como en el RNA. El uracilo es característico de los RNA, mientras que la timina se encuentra casi

exclusivamente en el DNA. Suelen representarse mediante sus iniciales A, G, C, U y T.

En la formación de los nucleótidos, la pentosa y la base nitrogenada se unen mediante un enlace N-glucosídico entre el carbono que ocupa la posición 1' en la pentosa y el nitrógeno que ocupa la posición 1 en las bases pirimidínicas, o la posición 9 en las bases púricas. Este compuesto se llama **nucleósido**.



Bases nitrogenadas componentes de los nucleótidos.

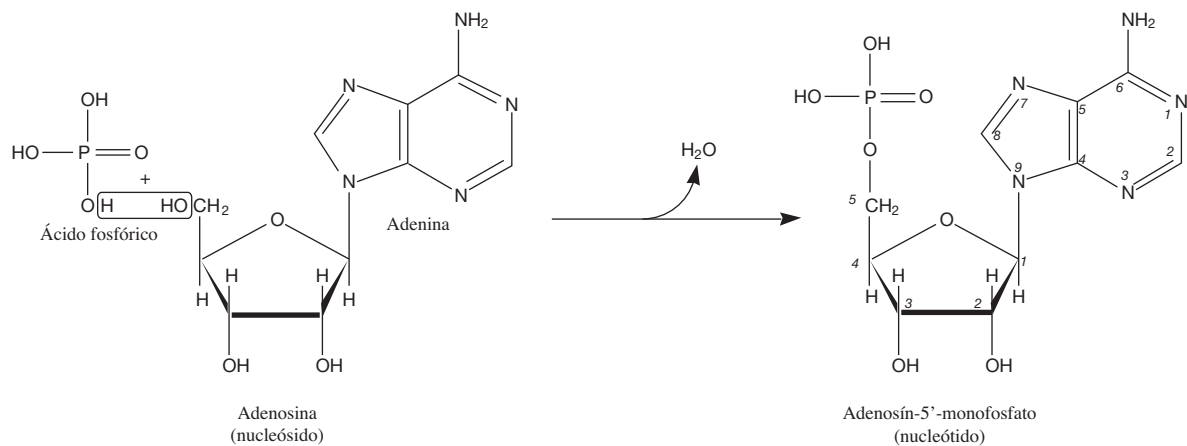


Formación de un nucleósido.

Nucleósidos		
Base nitrogenada	Ribonucleósido	Desoxirribonucleósido
Adenina (A)	Adenosina	Desoxiadenosina
Guanina (G)	Guanosina	Desoxiguanosina
Citosina (C)	Citidina	Desoxicitidina
Uracilo (U)	Uridina	
Timina (T)		Desoxitimidina

Como se puede deducir, son posibles 8 nucleósidos diferentes, 4 con la ribosa y 4 con la desoxirribosa.

Finalmente, el ácido fosfórico se une a la pentosa por el carbono 5' mediante un enlace éster, formándose el nucleótido. Habrá, como en el caso anterior, 8 tipos de nucleótidos.

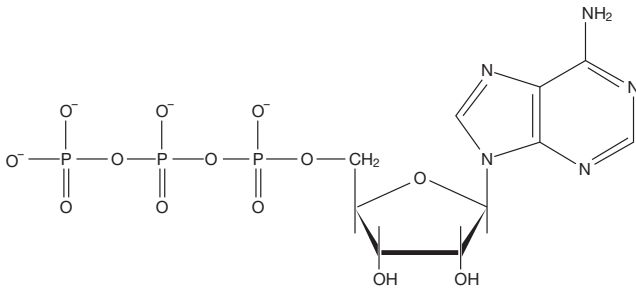


Nucleótidos		
Base nitrogenada	Ribonucleótido	Desoxirribonucleótido
Adenina (A)	Adenosín-5'-monofosfato (AMP) o ácido adenílico.	Desoxiadenosín-5'-monofosfato (dAMP) o ácido desoxiadenílico.
Guanina (G)	Guanosín-5'-monofosfato (GMP) o ácido guanílico.	Desoxiguanosín-5'-monofosfato (dGMP) o ácido desoxiguanílico.
Citosina (C)	Citidín-5'-monofosfato (CMP) o ácido citidílico.	Desoxicitidín-5'-monofosfato (dCMP) o ácido desoxicitidílico.
Uracilo (U)	Uridín-5'-monofosfato (UMP) o ácido uridílico.	
Timina (T)		Desoxitimidín-5'-monofosfato (dTMP) o ácido desoxitimidílico.

Nucleótidos y dinucleótidos libres de importancia biológica

Los nucleótidos, además de ser los monómeros de los ácidos nucleicos, desempeñan importantes funciones en las células:

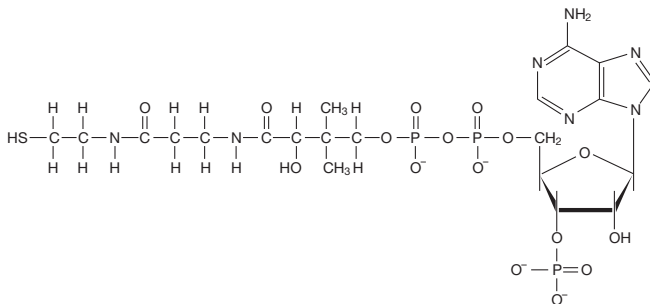
1. Almacenan y transportan energía. Las moléculas de nucleótidos trifosfato, especialmente el ATP, almacenan y transportan energía dentro de las células. Los enlaces entre los grupos fosfato pueden hidrolizarse, produciendo fosfato inorgánico y liberando energía.



Adenosín-5'-trifosfato (ATP).

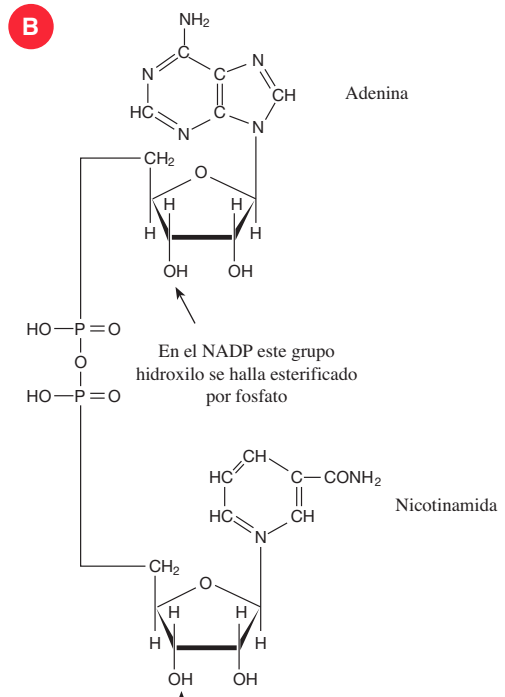
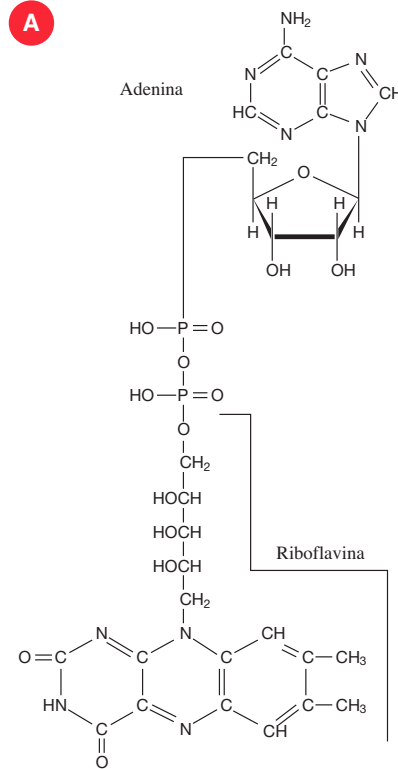
Dado que estas reacciones son reversibles, la energía liberada durante el metabolismo celular puede utilizarse para formar ATP a partir de AMP y ADP.

2. Actúan como coenzimas en procesos metabólicos. Algunos nucleótidos pueden combinarse con otras moléculas para formar coenzimas, como es el caso del coenzima A.



Coenzima A (CoA).

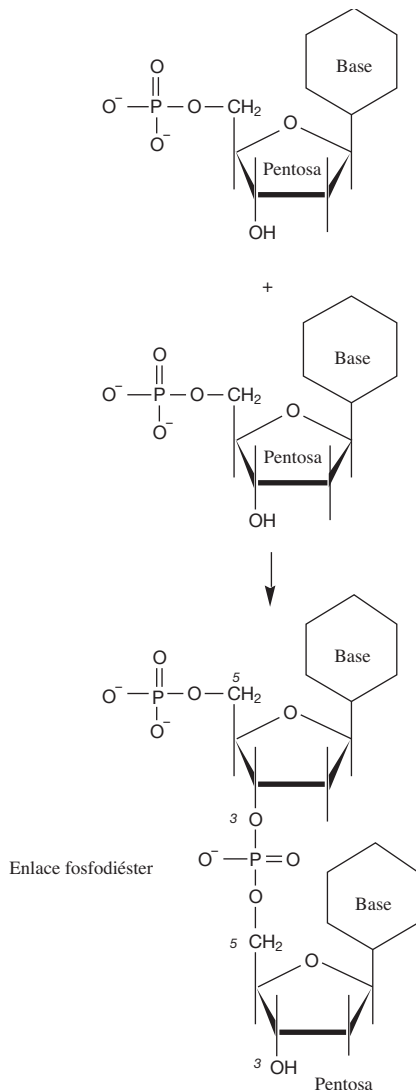
También algunos dinucleótidos, como NAD, NADP y FAD, son coenzimas de enzimas de oxidación-reducción.



A) Flavín-adenín-dinucleótido (FAD). B) Nicotinamida adenín-dinucleótido (NAD). En el nicotinamida-adenín-dinucleótido-fosfato (NADP), un tercer grupo fosfato se esterifica con un grupo hidroxilo de la ribosa.

3. Polinucleótidos

Dos nucleótidos pueden unirse entre sí mediante **enlaces fosfodiéster** entre el carbono 5' de un nucleótido y el carbono 3' del otro. Este proceso puede repetirse, varios millones de veces incluso, hasta formar un polinucleótido.



Formación de un enlace fosfodiéster 5'-3' entre dos nucleótidos.

En un polinucleótido hay un eje central formado por fosfato-pentosa-fosfato-pentosa, mientras las bases unidas al carbono 1' quedarían como cadenas laterales. El eje central tiene un extremo inicial 5' y un terminal 3'. (La secuencia lineal de los nucleótidos de una cadena de ácido nucleico se suele abreviar mediante un código de una letra, A-T-T-A-C-G-C-A, con el extremo 5' de la cadena a la izquierda).

Las moléculas de DNA son polinucleótidos constituidos por cadenas de desoxirribonucleótidos. Las moléculas de RNA son polinucleótidos constituidos por unidades de ribonucleótidos.

Escribe las fórmulas de un fragmento de DNA y de un fragmento de RNA constituidos por cuatro nucleótidos.

4. Ácido desoxirribonucleico (DNA)

En las células eucariotas el DNA se encuentra localizado esencialmente en el núcleo, aunque también se encuentra en las mitocondrias y en los cloroplastos, mientras que en las células procariotas el DNA se localiza en el citoplasma, en la denominada zona nuclear. En las células procariotas que poseen un solo cromosoma, todo el DNA se halla esencialmente en forma de una única macromolécula, mientras que en las células eucariotas que contienen varios cromosomas, existen varias macromoléculas de DNA.

Las moléculas de DNA de todos los tipos de células, contienen cuatro tipos de unidades mononucleótidas: d-AMP, d-GMP, d-CMP y d-TMP.

Estructura primaria del DNA

La estructura primaria está determinada por la secuencia de desoxirribonucleótidos. Dado que el esqueleto de polidesoxirribosa-fosfato (P-dR-P-dR-P-dR-P-dR-...) es común para todas las moléculas de DNA, la diferencia entre ellas vendrá dada, por lo tanto, por la secuencia de bases nitrogenadas a lo largo del esqueleto de polidesoxirribosa-fosfato. En dicha secuencia reside la información para la síntesis proteica.

Estructura secundaria del DNA.

Modelo de doble hélice de Watson y Crick.

En 1953, James Watson y Francis Crick propusieron un modelo para la estructura tridimensional del DNA (ver el artículo de la revista *Nature* al final del tema) basándose en los datos experimentales disponibles en aquel momento, y que eran fundamentalmente la equivalencia de bases observadas por Erwin Chargaff y los datos obtenidos, mediante la realización de estudios de difracción de rayos X en DNA cristalino, por Maurice Wilkins y Rosalind Franklin.

En la tabla adjunta aparecen los resultados de los análisis del DNA hechos en diferentes especies. En concreto se muestra el % de cada base en el total de bases del DNA.

–A la vista de los datos, extrae conclusiones sobre la relación que existe entre las bases tomadas dos a dos.

–Un análisis de DNA muestra que el 33 % de sus bases es guanina. Calcula la cantidad de las otras bases. Justifica el cálculo.

Fuente de DNA	Adenina	Guanina	Timina	Citosina
Ser humano	30,9	19,9	29,4	19,8
Oveja	29,3	21,4	28,3	21,0
Gallina	28,8	20,5	29,2	21,5
Tórtola	29,7	22,0	27,9	21,3
Salmón	29,7	20,8	29,1	20,4
Erizo de mar	32,8	17,7	32,1	17,3
Langosta	29,3	20,5	29,3	20,7
Trigo	27,3	22,7	27,1	22,8
Levadura	31,3	18,7	32,9	17,1
<i>Escherichia coli</i>	24,7	26,0	23,6	25,7
Bacteriofago ØX174	24,6	24,1	32,7	18,5

Los estudios de E. Chargaff acerca de la composición en bases del DNA de diferentes organismos indicaban, como ya habrás notado en la tabla anterior, que (dentro del error experimental) la cantidad de adenina es igual a la de timina y que la de guanina es igual a la de citosina: $A = T$ y $G = C$.

Las fotografías de difracción del DNA por rayos X, obtenidas por M. Wilkins y R. Franklin en los laboratorios del King's College de Londres, mostraban patrones que reflejaban los giros de una hélice (Pauling había sugerido previamente que la estructura del DNA podría ser semejante a la estructura en hélice de las proteínas). Estas fotografías permitieron determinar dos periodicidades: una principal a 0,34 nm y otra secundaria de 3,4 nm.

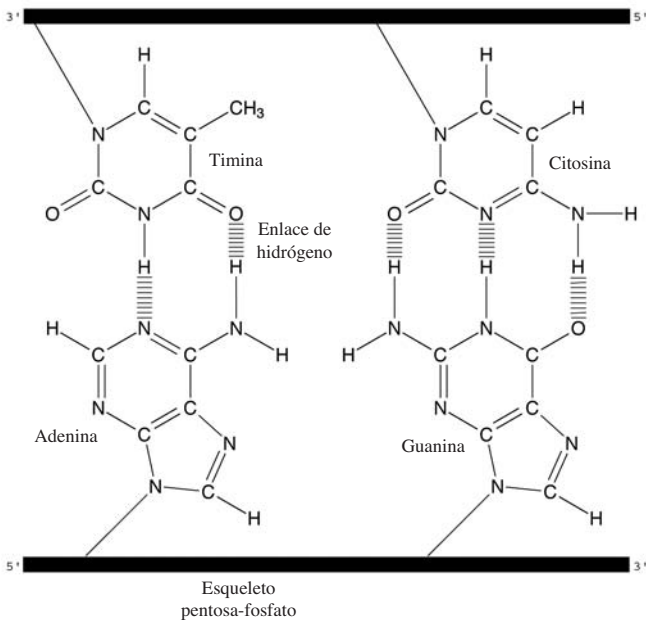
A partir de estos datos, J. Watson y F. Crick intentaron construir un modelo estructural del DNA que concordara con ellos, y que además permitiera indicar un mecanismo por medio del cual la información genética pudiera replicarse con exactitud.

Los aspectos más destacados del modelo de Watson y Crick, considerado como uno de los grandes hitos de la Biología, son los siguientes:

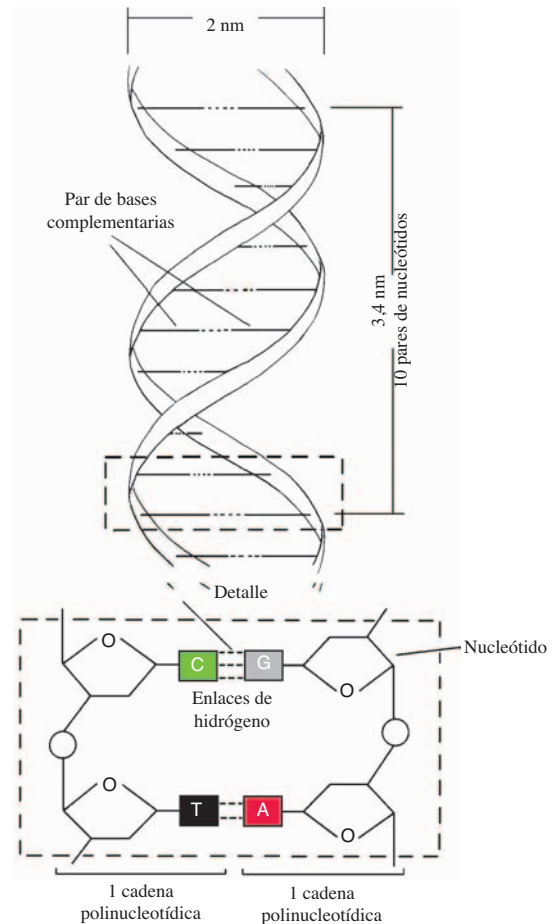
- La molécula de DNA está formada por dos cadenas polinucleotídicas.
- Cada cadena forma una hélice dextrógira, y ambas cadenas se enrollan alrededor de la otra dando una doble hélice.
- Las cadenas discurren en dirección opuesta; una normal $5' \rightarrow 3'$ y otra “boca abajo” $3' \rightarrow 5'$, es decir, son **antiparalelas**.
- Los ejes pentosa-fosfato de las cadenas, a modo de pasamanos de una escalera de caracol, se sitúan periféricamente. Por su parte, las bases se disponen perpendicularmente hacia el interior, como los peldaños de la escalera.
- La doble hélice tiene siempre el mismo grosor, por lo que el emparejamiento obligado es entre una purina y una pirimidina, y más concretamente, A-T y G-C. Este apareamiento es concordante con la composición en bases del DNA y permite la formación del máximo número posible de enlaces de hidrógeno entre las bases apareadas (tres para el par $C \equiv G$ y dos para el $A = T$).

- Lo anterior hace que el orden de las bases en una cadena determine el de la otra, es decir, que sean **complementarias**.
- Las dimensiones moleculares fundamentales de la doble hélice son: los pares de bases adyacentes se encuentran a una distancia respectiva de 0,34 nm, y en cada vuelta de la doble hélice hay exactamente 10 restos de nucleótidos, por lo que la distancia que avanza cada vuelta de hélice es de 3,4 nm. Estas distancias se corresponden con la periodicidad observada por M. Wilkins y R. Franklin utilizando métodos de difracción de rayos X. El diámetro de la doble hélice es aproximadamente de 2 nm.
- La estructura de la doble hélice queda estabilizada, no sólo por la formación de puentes de hidrógeno entre los pares de bases complementarias, sino

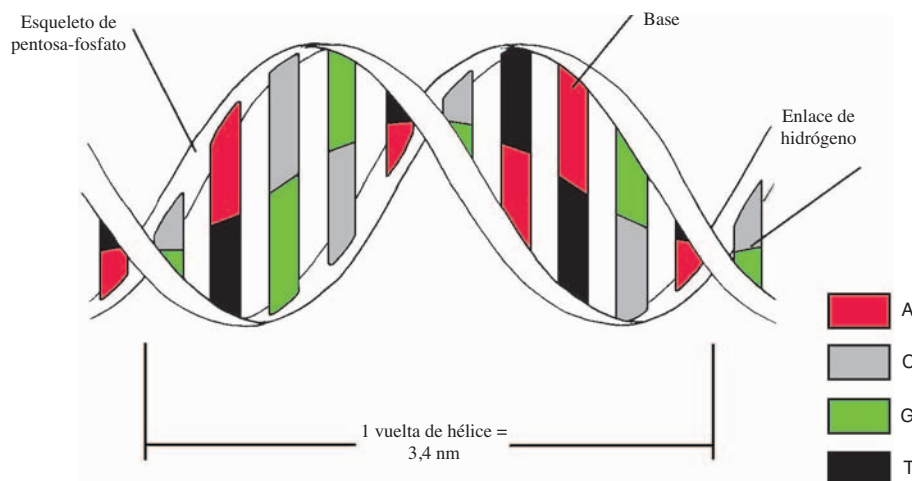
también por interacciones electrostáticas e hidrofóbicas entre las bases apiladas en el interior de la hélice. Los restos polares de la pentosa y los grupos fosfato cargados negativamente quedan en la parte externa y confieren a la molécula un marcado carácter aniónico, que permite una estabilización adicional mediante interacciones electrónicas con proteínas básicas como las histonas.



Las cuatro bases del DNA formando dos pares de bases unidas por puentes de hidrógeno.



Fragmento de una molécula de DNA. Las dos cadenas complementarias se enrollan en una doble hélice.



Esquemas de la doble hélice de DNA.

El modelo de DNA en doble hélice de Watson y Crick, ¿crees que explica los resultados de Chargaff y colaboradores?

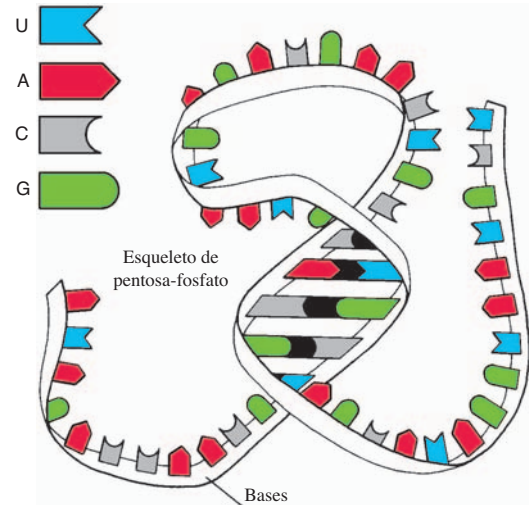
La estructura en doble hélice la presentan todas las moléculas del DNA de las células, tanto las que forman parte de los cromosomas de las células eucariotas (el empaquetamiento del DNA en las fibras de cromatina y la condensación de las fibras de cromatina para formar cromosomas los estudiaremos en el próximo tema), como el DNA de las mitocondrias, cloroplastos y células procariontas. Sin embargo, aunque la mayoría de los DNA virales presentan estructura en doble hélice, se conocen algunos virus como el fago ØX174 que presentan un DNA circular de una sola cadena.

5. Ácido ribonucleico (RNA)

El RNA es el ácido nucleico más abundante en las células y su proporción en general es muy superior a la del DNA. Al igual que el DNA, las moléculas de RNA son también polímeros formados por la unión de nucleótidos que, en este caso, son ribonucleótidos de adenina, guanina, citosina, uracilo y, en menor proporción y en algunos tipos de RNA (RNAt), otras bases nitrogenadas como el pseudouracilo, la dimetilguanina, la inosina, la metilinosina, el dihidrouracilo, la ribotimidina, etc.

Los RNA, excepto en el caso de algunos virus (reovirus) que son bicatenarios con estructura en doble hélice, son monocatenarios y suelen tener únicamente **estructura primaria**. Esta estructura viene definida, como en el DNA, por la secuencia de bases a lo largo de la cadena de polirribosa fosfato.

Aunque los RNA tengan una sola cadena polinucleotídica, en algunos casos pueden presentar regiones de apareamiento complementarias en la cadena capaces de formar una **doble hélice**.



Hebra simple de RNA. Se puede apreciar una zona de apareamiento de bases complementarias.

Tipos de RNA

Existen tres tipos diferentes de RNA: **RNA mensajero** (RNAm), **RNA ribosómico** (RNAr) y **RNA de transferencia** (RNAt), cada uno de los cuales se presenta en diversas formas moleculares. Los diferentes tipos de RNA participan en la expresión de la información genética contenida en el DNA (en el tema de genética molecular estudiaremos el proceso de síntesis de las proteínas).

– RNA mensajero

Las moléculas de RNAm contienen solamente las cuatro bases A, G, C, y U, y se sintetizan en el núcleo como copias complementarias de fragmentos de DNA. El nombre de “mensajero” hace referencia a su función que consiste en transportar la información desde el núcleo hasta los ribosomas, donde actúa como patrón para la ordenación secuencial de los aminoácidos durante el proceso de síntesis de las proteínas. Los tripletes de nucleótidos (**codones**) que se hallan a lo largo de la cadena de RNAm, especifican la secuencia de aminoácidos de la cadena polipeptídica.

Características de los RNA de una célula eucariótica

Tipo de RNA	% en la célula	Peso molecular	Número de nucleótidos
RNAr	80 %	1.700.000	5.000
		700.000	2.000
		50.000	150
		36.000	100
RNAt	15 %	25.000	75 – 90
RNAm	5 %	25.000 – 1.000.000	75 – 3.000

Por lo tanto, cada una de los millares de proteínas diferentes sintetizadas en las células, es codificada por un RNAm específico o por un segmento de una molécula de RNAm.

Una característica de los RNAm es su corta vida, pues se degradan rápidamente una vez sintetizada la proteína.

- RNA ribosómico

Los ribosomas de las células procariotas y eucariotas están formados por dos subunidades de distinto tamaño constituidas por proteínas y RNAr. El RNAr constituye el 65 % de la masa total de los ribosomas. Se ha detectado la presencia de tres tipos diferentes de RNAr en procariotas y cuatro en eucariotas con diferente peso molecular. Son moléculas lineales de una sola cadena polinucleotídica con algunas bases metiladas y que pueden presentar numerosas zonas de emparejamiento antiparalelo distribuidas al azar dentro de la misma cadena.

- RNA de transferencia

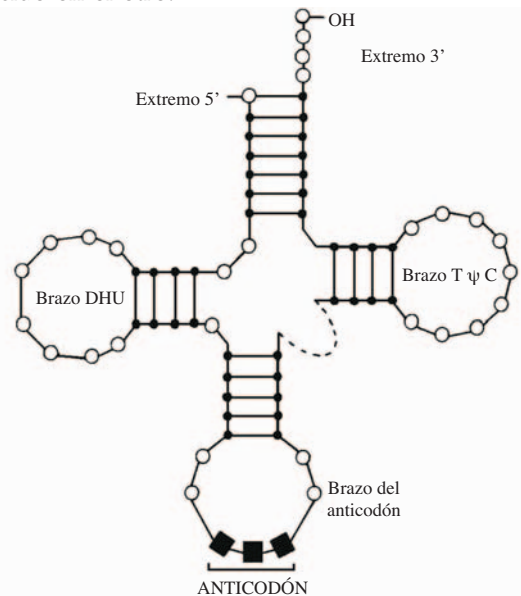
Las moléculas de RNAt representan el 15 % del total del RNA de la célula y se encuentran en el citoplasma en forma de moléculas dispersas. Su función es transportar aminoácidos específicos hasta los ribosomas donde se sintetizan las proteínas.

Es el RNA más estudiado desde el punto de vista estructural. Hay unos 50 RNAt diferentes de los que se conoce con detalle la secuencia de bases completa. A pesar de que los distintos RNAt presentan composiciones de bases diferentes, todos ellos se caracterizan por contener, además de las bases principales (A, G, C y U), aproximadamente un 10 % de bases raras o menores. Todos los RNAt comparten también la presencia del nucleótido de guanina en el extremo 5' terminal y en su extremo 3', donde se enlaza el aminoácido, la secuencia C-C-A.

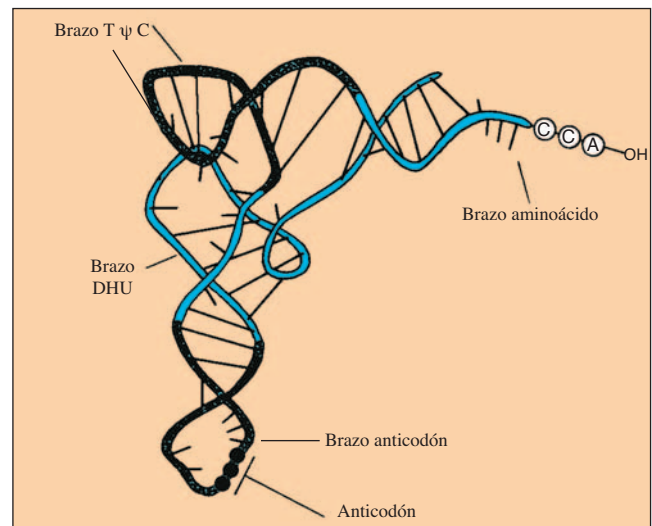
Algunas regiones de los RNAt presentan **estructura secundaria**, ya que contienen secuencias de bases complementarias que permiten el apareamiento y la consiguiente formación de una doble hélice, mientras que las zonas que no se aparean adoptan el aspecto de bucles, como una hoja de trébol. El brazo anticodón presenta en su centro una secuencia de tres bases diferentes en cada RNAt. Este triplete es el **anticodón** y es la secuencia de bases complementaria del triplete

de bases que porta el RNAm como codón característico de cada aminoácido.

Los estudios de difracción de rayos X de los cristales de RNAt realizados por A. Rich y S. Kim han proporcionado datos sobre la **estructura terciaria** de los RNAt. La molécula se encuentra plegada en forma de L con el brazo anticodón en un extremo y el brazo aminoácido en el otro.



Esquema general de la estructura en hoja de trébol de los RNAt.



Estructura terciaria de los RNAt.

-¿Cuáles son las diferencias entre el DNA unicatenario y el RNA? ¿Podría una cadena de DNA formar doble hélice con otra de RNA? ¿Por qué?

-¿Qué ocurriría si las copias de RNAm no se correspondieran con el código cifrado en el DNA? ¿Qué efectos produciría este hecho en las células?

1. Identificación de sales minerales en cenizas vegetales

En la composición de la materia viva entran a formar parte el agua, las sales minerales y los principios inmediatos orgánicos. Cualquier material procedente de los seres vivos, al ser calentado, pierde agua y queda reducido a un residuo seco formado por materia orgánica y materia mineral. Si se continúa calentando, la materia orgánica se “carboniza” y se destruye; el resto, llamado “cenizas”, contiene las sales minerales.

Estas sales, en disolución acuosa, se disocian en sus correspondientes cationes y aniones, que se reconocen mediante reacciones específicas, la mayoría reacciones de precipitación. Una reacción de precipitación consiste en añadir a la disolución un reactivo específico que al reaccionar con el ión que se pretende identificar forme una sustancia insoluble que, al precipitar, pone de manifiesto la presencia del ión en la disolución.

Material

- Tubos de ensayo
- Mechero
- Mortero
- Vaso de precipitados
- HCl concentrado
- BaCl₂
- AgNO₃
- HClO₄
- Antimoniato potásico
- Agua destilada

Procedimiento

Obtención de cenizas

Quemar, a fuego lento, una cierta cantidad de hojas secas.

La ignición lenta evita que se volatilicen algunas sales. Por el contrario, si es fuerte, los carbonatos pueden descomponerse en óxidos y CO₂ que se elimina e impide detectar los CO₃²⁻.

NOTA. Las cenizas pueden también obtenerse del fuego de chimenea de leña.

Extracción de las sales

Triturar, en un mortero, una pequeña cantidad de cenizas (2 g) con 20 cc de agua destilada. Filtrar y recoger el filtrado en un vaso de precipitados. El residuo del filtro se lava con 10 cc de agua destilada y se añade el filtrado al anterior.

Distribuir el filtrado, que contiene las sales minerales disociadas en sus aniones (Cl⁻, CO₃²⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻, etc.) y cationes (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, etc.), en cinco tubos de ensayo a partes iguales.

Determinación de aniones: CO₃²⁻, SO₄²⁻, Cl⁻

Añadir al tubo 1 unas gotas de HCl concentrado. La producción de efervescencia delata la presencia de CO₃²⁻ en la disolución.

En el tubo 2, echar unas gotas de BaCl₂. La presencia de un precipitado blanco pone de manifiesto la presencia de SO₄²⁻.

Después de acidificar el filtrado del tubo 3 con unas gotas de HNO₃, añadir unas gotas de disolución de AgNO₃. El precipitado blanco, de aspecto lechoso, indica la presencia del anión Cl⁻.

Determinación de cationes: K⁺ y Na⁺

Tomar el tubo 4 y añadir, gota a gota, HClO₄. La formación de un precipitado blanco cristalino delata la existencia del catión K⁺ investigado.

Añadir al filtrado del tubo 5 unas gotas de disolución de antimoniato potásico y hervir durante dos minutos. Agitando el tubo al enfriar se observará un precipitado blanco si hubiera Na⁺ en la muestra analizada.

Realización

Realiza las pruebas de identificación de cationes y aniones.

Comunicación de los resultados

Elabora un informe donde se explique el procedimiento que se ha seguido, los resultados obtenidos y las reacciones que han tenido lugar.

2. Observación del fenómeno de ósmosis en células vegetales

La membrana plasmática se comporta, para el fenómeno de ósmosis, como una membrana semipermeable.

Las hojas de determinadas plantas, como la tradescantia, resultan especialmente adecuadas para la observación de la ósmosis, debido a que las células de su epidermis contienen un pigmento en sus vacuolas.

En esta actividad os proponemos realizar una investigación sobre la ósmosis.

En una investigación podemos diferenciar las siguientes etapas:

1. Planteamiento del problema.
2. Emisión de hipótesis.
3. Diseño del experimento.
4. Realización del experimento.
5. Recogida de datos.
6. Interpretación de los datos y conclusiones.

Planteamiento del problema

¿Qué les ocurre a las células de la epidermis al ponerlas en un medio hipertónico?

Emisión de hipótesis

Emite hipótesis sobre el problema planteado.

Diseño experimental

Propón un experimento que permita contrastar tu hipótesis.

Realización del experimento

Pide al profesor los materiales que necesites y realiza las pruebas con la máxima exactitud y precisión.

Análisis de los resultados y conclusiones

Una vez realizado el experimento, analiza los resultados y extrae las conclusiones pertinentes.

Comunicación de los resultados

Elabora un informe de la investigación realizada.

Aplicación en otros contextos

Cita diferentes situaciones de la vida cotidiana en las que el fenómeno de ósmosis tenga utilidad.

3. Identificación de principios inmediatos orgánicos

Planteamiento del problema

En el laboratorio dispongo de recipientes que contienen glucosa, harina de trigo, azúcar de mesa, aceite de oliva, y clara de huevo, pero se han perdido las etiquetas de identificación. ¿Cómo podríamos identificarlos?

Búsqueda de información y planificación de la investigación

Recopila información sobre las propiedades físico-químicas de glúcidos, lípidos y proteínas: color, sabor, solubilidad, estado físico a temperatura ambiente, etc.

Con ayuda del profesor, infórmate de las técnicas y reacciones específicas que permiten la identificación de compuestos orgánicos.

Planifica la investigación, indicando las pruebas que vas a realizar.

Realización

Pide al profesor los materiales que necesites y realiza las pruebas con la máxima exactitud y precisión.

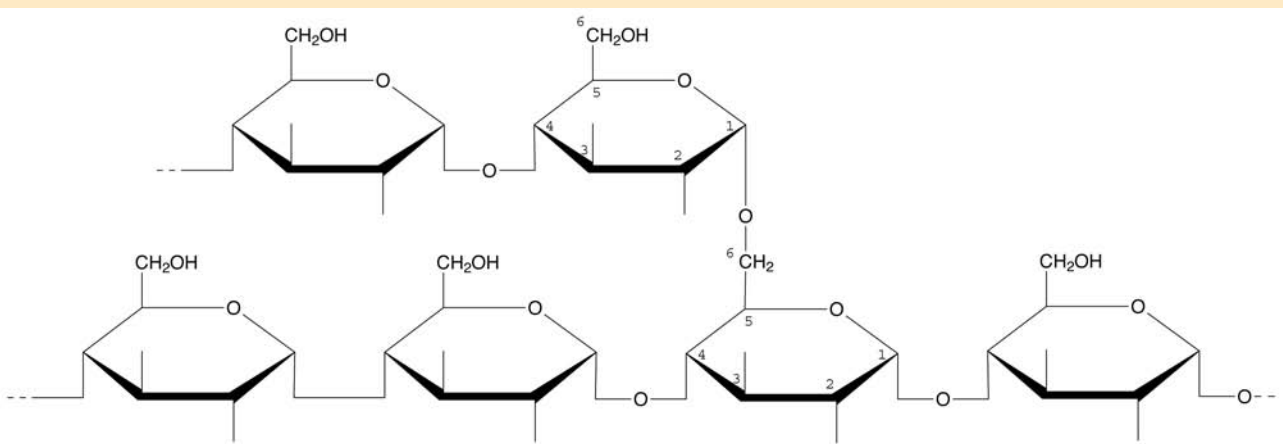
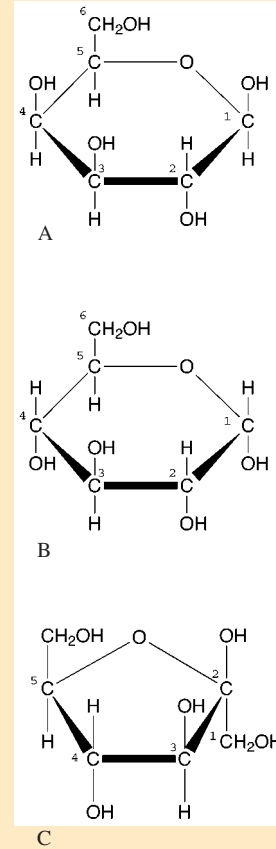
Análisis de datos y conclusiones

Indica los resultados obtenidos y extrae las conclusiones pertinentes.

Comunicación de la investigación

Elabora un informe de la investigación realizada.

1. Imagina una bolsa con una membrana semipermeable y llena de una disolución de NaCl al 6 %. ¿Qué ocurriría si la colocaras en una disolución de NaCl al 30 %? Relaciona tu respuesta con la utilización de la sal como conservante de los alimentos.
2. ¿Qué características debe tener una solución fisiológica para poder ser introducida en los organismos sin producir trastornos en ellos?
3. Responde a las siguientes preguntas:
 - ¿A qué tipo de principios inmediatos corresponde la glucosa y por qué?
 - ¿Qué polímero de interés biológico para las células animales está constituido por glucosa? Explica su estructura e indica la función que desempeña.
 - ¿Qué queremos significar cuando decimos que algunos polisacáridos son moléculas de "almacenamiento de energía" y otros son moléculas "estructurales"? Pon un ejemplo de cada uno.
4. Responde a las siguientes preguntas:
 - ¿A qué compuestos químicos corresponden las fórmulas A, B y C?
 - Forma los compuestos resultantes de la unión de B y A, y de la unión de A y C, y nómbralos. ¿Cómo podrías diferenciar estos dos últimos compuestos en el laboratorio?
 - ¿Cuáles son sus funciones en los seres vivos?
5. Responde las siguientes preguntas:
 - Fíjate en el polímero que está escrito abajo. ¿A qué compuesto (o compuestos) pertenece esta fórmula?
 - Escribe la fórmula del monómero y nómbralo.
 - ¿Qué tipo de enlace une los monómeros? ¿Cómo se forma?
 - Indica las características químicas y la importancia biológica de dicho compuesto o compuestos.



6. Los fosfolípidos son componentes de las membranas celulares:
 - ¿Cuál es su composición? Escribe la fórmula de un fosfolípido.
 - ¿Por qué los fosfolípidos son compuestos óptimos para la formación de membranas estables en medios acuosos?
7. Una mezcla de tripalmitilglicerol y de 1-estearil 2-miristil-fosfatidilcolina disueltos en benceno se agita en un volumen igual de agua y se deja que se separen las dos fases. ¿Qué lípido estará en mayor proporción en la fase acuosa y por qué?
 - ¿Podrías obtener jabones a partir de estos dos lípidos? ¿Cómo?
8. En una proteína, la secuencia peptídica glicina-serina-glicina-alanina-glicina-alanina aparece repetidamente, Dibuja la fórmula estructural de este hexapéptido, indica cómo se forma los enlaces y señalalos.
 - ¿Qué características descubres en las proteínas que no exista en los glúcidos y lípidos?
9. Responde a las siguientes preguntas:
 - Explica el significado de la siguiente frase: “La secuencia de aminoácidos determina la estructura y función de las proteínas”.
 - Si todas las proteínas están constituidas por aminoácidos, ¿a qué se debe la enorme variedad de proteínas que se encuentra en los seres vivos?
10. ¿Qué es el ATP? ¿Por qué es importante en las células la molécula de ATP?
11. Al realizar un estudio de la frecuencia con que aparecen las bases nitrogenadas en los ácidos nucleicos para tres especies distintas, se obtuvieron los siguientes resultados:

Especie	Adenina	Guanina	Citosina	Timina	Uracilo
Especie 1	25	30	24	–	21
Especie 2	25	32	24	19	–
Especie 3	24	26	26,1	23,9	–

- ¿Qué tipo de ácido nucleico, RNA o DNA mono o bicatenario, constituye el material genético de estas especies?
- ¿En qué se diferencian los DNA bicatenarios de distintas especies? ¿Qué asegura esa diferencia?

LECTURA

En 1953, J. Watson y F. Crick publicaron en la revista *Nature* un artículo titulado “Estructura molecular de los ácidos nucleicos” que esta reproducido a continuación. Después de leerlo, haz un comentario de dicho artículo.

Estructura molecular de los ácidos nucleicos

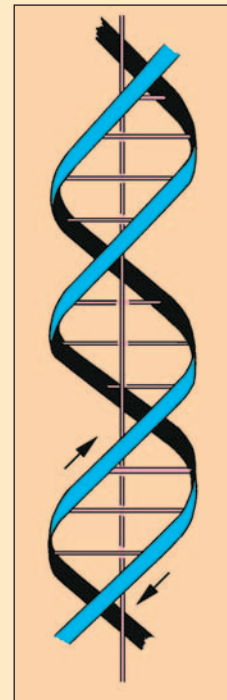
Watson y Crick (1953). *Nature*, 171, 737-8

Queremos proponer una estructura para la sal del ácido desoxirribonucleico (DNA). Esta estructura posee unas características nuevas que tienen un considerable interés biológico.

Pauling y Corey¹ ya propusieron una estructura para el ácido nucleico. Nos ofrecieron amablemente su artículo antes de publicarlo. Su modelo consistía en tres cadenas alternadas que formaban una estructura común, cuyos grupos fosfatos estaban situados cerca del eje de simetría de la estructura y las bases estaban dirigidas hacia el exterior. En nuestra opinión esta estructura es insatisfactoria por dos razones: 1) Nosotros creemos que el material que da los diagramas de rayos X es la sal, no el ácido libre. Sin los átomos de hidrógeno ácidos no está claro cuales son las fuerzas que mantienen unida la estructura, en especial si se considera que los fosfatos negativos, situados cerca del eje, se repelen entre sí. 2) Algunas de las distancias de Van der Waals parece que son demasiado cortas.

Faser también ha sugerido una estructura de tres cadenas (en prensa). En su modelo los fosfatos están situados hacia el exterior y las bases hacia el interior, unidas entre sí por enlaces de hidrógeno. La estructura descrita de esta forma no queda claramente definida y por esta razón no la comentaremos.

Nosotros queremos avanzar una estructura radicalmente distinta para la sal del ácido desoxirribonucleico. Esta estructura posee dos cadenas helicoidales, cada una de ellas enrollada alrededor del mismo eje (véase diagrama).



Esta figura es puramente esquemática. Las dos cintas simbolizan las dos cadenas de fosfato-azúcar, y las varillas horizontales los pares de bases que mantienen unidas las cadenas. La línea vertical marca el eje de la estructura.

Hemos hecho las suposiciones químicas normales, es decir, que cada cadena está formada por grupos fosfato diés-ter unidos a restos β -D-desoxirribofuranosa por enlaces 3', 5'. Las dos cadenas (pero no sus bases) están relacionadas por un eje de simetría de 180° perpendicular al eje de la estructura. Ambas cadenas son hélices que giran hacia la derecha, pero debido al eje de simetría de 180° las secuencias de los átomos en las dos cadenas van en direcciones opuestas. Cada cadena se parece vagamente al modelo n° 1 de Furberg²; es decir, las bases están en el interior de la hélice y los fosfatos en el exterior. La configuración del azúcar y de los átomos vecinos es parecida a la "configuración estándar" de Furberg, estando el azúcar en posición más o menos perpendicular a la base a la que está unido. En cada cadena hay un resto cada 3,4 Å en dirección z. Suponemos que existe un ángulo de 36° entre dos restos adyacentes de la misma cadena, de tal manera que la estructura se repite cada 10 restos en cada cadena, es decir, cada 34 Å. Ya que los fosfatos están situados hacia el exterior, son fácilmente accesibles para los cationes.

Esta estructura es una estructura abierta, y su contenido en agua es bastante elevado. Si el contenido en agua fuera más bajo esperaríamos que las bases adoptaran una cierta inclinación de modo que sería más compacta.

La característica nueva de esta estructura es la forma en que las dos cadenas se mantienen unidas por las bases purínicas y pirimidínicas. Los planos de las bases son perpendiculares al eje de la estructura. Las bases se unen a pares, una base de una cadena establece un enlace de hidrógeno con otra base de la otra cadena, de modo que las dos están situadas una al lado de la otra y tienen las mismas coordenadas z. Una de las bases que forman el par debe ser una purina y la otra una pirimidina para que pueda tener lugar el enlace. Los enlaces de hidrógeno se establecen como sigue: la purina en posición 1 con la pirimidina de la posición 1; la purina en posición 6 con la pirimidina de la posición 6.

Si suponemos que las bases sólo pueden hallarse en la estructura en las formas tautoméricas más plausibles (es decir, en las configuraciones ceto y no en las enólicas), encontramos que sólo pueden enlazarse unos determinados pares de bases. Estos pares son: adenina (purina) con timina (pirimidina) y guanina (purina) con citosina (pirimidina).

En otras palabras, si una adenina constituye un miembro de un par, en una de las cadenas, entonces según estas suposiciones el otro miembro debe ser la timina; de igual forma que la guanina y la citosina. La secuencia de bases de una cadena individual no parece estar restringida de ninguna forma. Sin embargo, si sólo pueden establecerse unos pares de bases específicos, se deduce que, dada la secuencia de bases en una cadena, la secuencia de la otra cadena viene automáticamente determinada.

Se ha encontrado experimentalmente^{3,4} que en el ácido desoxirribonucleico la relación entre la cantidad de adenina y timina, y entre la de guanina y citosina, es siempre muy próxima a la unidad.

Probablemente, es imposible construir esta estructura con un azúcar ribosa en lugar de desoxirribosa, ya que el átomo de oxígeno extra establecería un enlace de Van der Waals demasiado cerca.

Los datos de rayos X^{5,6} publicados hasta ahora sobre el ácido desoxirribonucleico son insuficientes para poder establecer una comprobación rigurosa de nuestra estructura. Por lo que podemos decir hasta ahora, es más o menos compatible con los datos experimentales, pero debe considerarse como no probada hasta que se pueda verificar con resultados más exactos. Nosotros no conocíamos los detalles de los resultados presentados allí cuando ideamos nuestra estructura, que se basa principalmente, aunque no del todo, en datos experimentales publicados y argumentos estereoquímicos.

No se nos escapa el hecho de que el apareamiento específico que hemos postulado sugiere inmediatamente un posible mecanismo de copia para el material genético.

Todos los detalles de la estructura, incluidas las condiciones supuestas para su construcción, junto con las coordenadas de cada átomo, serán publicadas en algún otro lugar.

Debemos agradecer al Dr. Jerry Donahue su consejo y juicio crítico constantes, especialmente en lo que se refiere a las distancias atómicas. También hemos recibido un gran estímulo de los resultados experimentales no publicados y de las ideas del Dr. M.H.F. Wilkins y de la Dra. R.E. Franklin y sus colaboradores del King's College de Londres. Uno de nosotros (J.D.W.) ha disfrutado de una beca de las Fundación Nacional para la Parálisis Infantil.

J.D. Watson y F.H. Crick (Medical Research Council Unit para el Estudio de la Estructura Molecular de los Sistemas Biológicos. Laboratorio Cavendish, Cambridge). Abril, 2

1. Pauling, L., y Corey, R.B., *Nature*, 171, 346 (1953); *Proc. U.S. Nat. Acad. Sci.*, 39, 84 (1953).
2. Furberg, S., *Acta Chem. Scand.*, 6, 634 (1952).
3. Chargaff, E., *vide* Zamenjof, S., Brawerman, G., and Chargaff, E., *Biochim. et Biophys. Acta*, 9, 402 (1952).
4. Wyatt, G.R., *J. Gen. Physiol.*, 36, 201 (1952).
5. Atsbury, W.T., *Symp. Soc. Exp. Biol.* 1, *Nucleic Acid*, 66 (Camb. Univ. Press, 1947).
6. Wilkins, M.H.F., y Randall, J.T., *Biochim et Biophys. Acta*, 10, 192 (1953).

1. Colesterol y salud

Hemos visto que el colesterol es un lípido componente de las membranas celulares. Sin embargo, en los últimos años, se ha puesto de manifiesto la relación entre el nivel de colesterol en sangre y enfermedades del sistema circulatorio.

Para realizar este proyecto, deberéis recabar información sobre:

- ¿Cuáles son las causas del aumento del nivel de colesterol en sangre?
- ¿Qué relación existe entre el nivel de colesterol en sangre y las enfermedades cardiovasculares?
- ¿Qué dietas son más aconsejables para evitar trastornos cardiovasculares?
- ¿A qué tipo de personas afectan más las enfermedades cardiovasculares?
- ¿Qué incidencia tienen las enfermedades cardiovasculares en tu Comunidad Autónoma?

Como fuentes de información podéis consultar revistas de divulgación científica (Muy interesante, Mundo Científico, Investigación y Ciencia, Conocer...), suplementos de los periódicos... Podéis también preguntar a personas especialistas en el tema (médicos y responsables sanitarios).

2. Los biocombustibles

Como sabéis, las reservas de petróleo se están agotando. Este hecho ha llevado a la necesidad de buscar otras fuentes de energía, necesidad más urgente en aquellos países que no disponen de yacimientos petrolíferos. Últimamente se están proponiendo los biocombustibles de origen vegetal (glúcidos, aceites) como sustitutos de gasolinas y gasóleos.

Deberéis informaros sobre:

- ¿Qué biocombustibles se pueden utilizar como sustitutos de los derivados del petróleo?
- ¿De qué cultivos vegetales se pueden obtener?
- ¿Qué tratamientos industriales requieren?
- Empresas que se dedican a la producción y distribución de este tipo de combustibles.
- Las implicaciones de la utilización de este tipo de combustibles para un país agrícola y sin reservas de petróleo como es el nuestro.
- El apoyo que prestan las Administraciones Públicas a iniciativas encaminadas a la producción de biocombustibles.

Para recabar información podéis consultar revistas de divulgación científica y periódicos; podéis también preguntar en los Departamentos de Industria de tu Comunidad Autónoma y en las Escuelas Superiores de Ingeniería de la Universidad.

Bibliografía:

Libros

- ALBERTS, B., BRAY, D., LEWIS, J., RAFF, M., ROBERTS, K., WATSON, J.D. 1996. *Biología molecular de la célula*. Omega.
- BOHINSKI, R.C. 1991. *Bioquímica*. Addison-Wesley Iberoamericana.
- CONN, E. et al. 1996. *Bioquímica fundamental*. Limusa.
- CRICK, F. 1989. *Qué loco propósito. Una visión personal del descubrimiento científico*. Tusquets editores.
- INVESTIGACIÓN Y CIENCIA. 1985. *Las moléculas de la vida*. Monográfico nº 111. Labor.
- LEHNINGER, A.L. 1994. *Bioquímica*. Omega.
- MACARULLA, J.; GOÑI, F. 1990. *Biomoléculas*. Reverté.
- MACARULLA, J.; GOÑI, F. 1994. *Bioquímica humana*. Reverté.
- STRYER, L. 1990. *Bioquímica*. Reverté.
- WATSON, J. 1989. *La doble hélice*. Biblioteca Científica Salvat.

Revistas

- “Funciones biológicas del óxido nítrico”. *Investigación y Ciencia*. Julio, 1992.

- “Lipoproteína (a) en la enfermedad cardíaca”. *Investigación y Ciencia*. Agosto, 1992.
- “La quitina”. *Investigación y Ciencia*. Julio, 1993.
- “Plegamiento de proteínas. Sistema de horquilla β”. *Investigación y Ciencia*. Marzo, 1997.
- “Estructura y función del ADN en conformación Z”. *Investigación y Ciencia*. Abril, 1997.
- “Las ventajas del aceite de oliva”. *Mundo Científico*, nº 79.
- “Colesterol: ¿por quién doblan las campanas?”. *Mundo Científico*, nº 99.
- “Cuando las enzimas no son proteínas”. *Mundo Científico*, nº 103.
- “Plegamiento de proteínas”. *Mundo Científico*, nº 113.
- “Las moléculas celadoras”. *Mundo Científico*, nº 142.
- “Colesterol: ¿a quién hay que tratar?”. *Mundo Científico*, nº 165.

Videos

- *DNA: la escuela de la vida*. Áncora.
- *Difusión y ósmosis*. Áncora.
- *La célula viva: DNA*. Áncora.
- *Biología molecular*. Áncora.
- *Estructura de las proteínas y de los ácidos nucleicos*. Serveis de Cultura Popular.