

b-Por escritura directa haciendo uso de los números de oxidación.

Sabiendo que el N actúa como N (+5), y que un ácido se reconoce por la existencia de (H+), agregamos tantos O (-2) como sea necesario para que la suma de los números de oxidación del anión sea negativa, y así poder agregar H+

Para obtener la fórmula del ácido nítrico:

El N tiene número de oxidación (+5),

\*Si agregamos 1 O(-2) la suma da +3

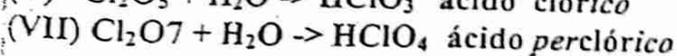
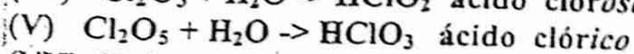
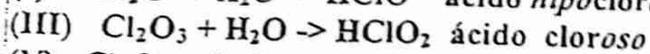
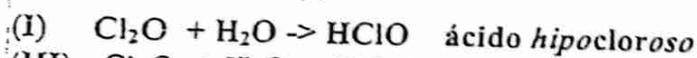
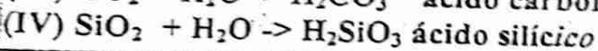
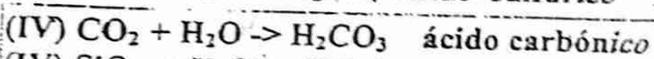
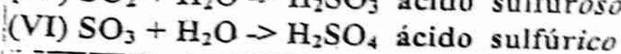
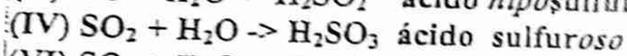
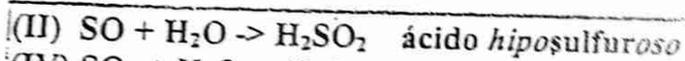
\*Si agregamos 2 O(-2), la suma da +1

\*Si agregamos 3 O(-2), la suma da -1, y podemos incluir 1 H<sup>+</sup>

Entonces, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y 1 H<sup>+</sup> y por lo tanto HNO<sub>3</sub> es el ácido correspondiente al N+5.

También puede tratarse al anión y H<sup>+</sup> como en el caso de compuestos binarios, e intercambiar ("cruzar") los números de oxidación.

Los ácidos oxoácidos son compuestos formados por: oxígeno-hidrógeno-no metal cuya fórmula general es: H<sub>n</sub>X<sub>m</sub>O<sub>p</sub>, donde X representa, en general, un no metal y n, m, p el número de átomos de cada uno de ellos. X puede ser también un metal de transición de estado de oxidación elevado como cromo, manganeso, tecnecio, molibdeno, etc. Cuando se encuentran en disolución acuosa, dejan protones en libertad, dando propiedades ácidas a las disoluciones. La IUPAC admite la nomenclatura tradicional de estos compuestos, utilizando el nombre genérico de ácido y los prefijos y sufijos que indicamos a continuación. Ejemplos



FÓRMULA	SISTEMÁTICA/SIST. FUNCIONAL	TRADICIONAL
HClO	oxoclorato (I) de hidrógeno ácido oxoclórico	ácido hipocloroso
HClO <sub>2</sub>	dioxoclorato (III) de hidrógeno	ácido cloroso

	ácido dioxoclórico (III)	
HClO <sub>3</sub>	trioxoclorato (V) de hidrógeno	ácido clórico
	trioxoclórico (V)	
HClO <sub>4</sub>	tetraoxoclorato (VII) de hidrógeno	ácido perclórico
	ácido teclaoxoclórico (VII)	
H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	trioxosulfato (IV) de hidrógeno	ácido sulfuroso
	trioxosulfúrico (IV)	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	tetraoxosulfato (VI) de hidrógeno	ácido sulfúrico
	tetraoxosulfúrico (VI)	
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	trioxocarbonato (IV) de hidrógeno	ácido carbónico
	trioxocarbónico (IV)	

### PREFIJOS IMPORTANTES

#### \* ELEMENTOS CON VALENCIA PAR:

*meta* → Sumar una molécula de H<sub>2</sub>O al óxido correspondiente.

*orto* → Sumar dos moléculas de H<sub>2</sub>O al óxido correspondiente.

*di (piro), tri, tetra, etc.* → (Polímeros) → Hacen referencia al grado de polimerización de los ácidos respectivos. Hay que sumar dos, tres, cuatro, etc. moléculas del óxido con una molécula de H<sub>2</sub>O.

#### \* ELEMENTOS CON VALENCIA IMPAR:

*meta* → Sumar una molécula de H<sub>2</sub>O al óxido.

*piro (di)* → Sumar dos moléculas de H<sub>2</sub>O al óxido.

*orto* → Sumar tres moléculas de H<sub>2</sub>O al óxido.

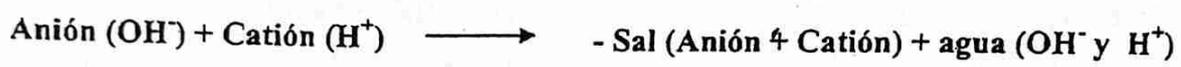
Como norma, en el caso del fósforo, arsénico, antimonio y boro, la forma 'natural' del ácido es orto, por lo que suele omitirse este prefijo. Es decir, el ácido fosfórico es el ortofosfórico. Cuando se quiera referir al ácido fosfórico 'real' se le llamará metafosfórico.

### ÁCIDOS OXOÁCIDOS

FORMULA	SISTEMÁTICA/SIST. FUNCIONAL	TRADICIONAL
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	tetraoxofosfato (V) de hidrógeno	ácido fosfórico
	ácido tetraoxofosfórico (V)	(ortofosfórico)
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 3H <sub>2</sub> O → H <sub>6</sub> P <sub>2</sub> O <sub>8</sub> - simplificando → H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	
H <sub>3</sub> PO <sub>3</sub>	trioxofosfato (III) de hidrógeno	ácido fosforoso
	ácido trioxofosfórico (III)	(ortofosforoso)
	P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 3H <sub>2</sub> O → H <sub>6</sub> P <sub>2</sub> O <sub>6</sub> - simplificando → H <sub>3</sub> PO <sub>3</sub>	

HPO <sub>3</sub>	trioxofosfato (V) de hidrógeno	ácido metafosfórico
	ácido trioxofosfórico (V)	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + H <sub>2</sub> O → H <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>6</sub> – simplificando → HPO <sub>3</sub>	
HPO <sub>2</sub>	dioxofosfato (III) de hidrógeno	ácido metafosforoso
	ácido dioxofosfórico (III)	
	P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O → H <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>4</sub> – simplificando → HPO <sub>2</sub>	

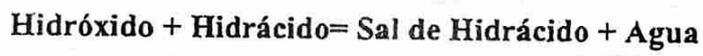
### SALES



A esta reacción se la denomina "de neutralización"

Se reemplazan los H<sup>+</sup> del ácido por el catión metálico de la base o hidróxido, recordando las reglas del estado de oxidación

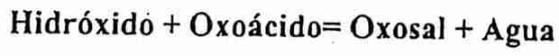
### SALES DE HIDRÁCIDOS



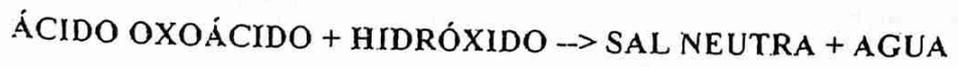
El no metal es el elemento más electronegativo y se coloca a la derecha, nombrándose el primero con el sufijo *uro* según indicamos a continuación.

FORMULA	SISTEMÁTICA/STOCK	TRADICIONAL
LiF	fluoruro de litio	fluoruro de litio
	fluoruro de litio	
CaF <sub>2</sub>	difluoruro de calcio	fluoruro de calcio
	fluoruro de calcio	
AlCl <sub>3</sub>	tricloruro de aluminio	cloruro de aluminio
	cloruro de aluminio	

### OXOSALES



Son compuestos ternarios constituidos por un no metal, oxígeno y metal. Se obtienen por neutralización total de un hidróxido sobre un ácido oxoácido. La reacción que tiene lugar es:



La neutralización completa del ácido por la base lleva consigo la sustitución de todos los iones hidrógeno del ácido por el catión del hidróxido, formándose además agua en la reacción. Puede, pues, considerarse como compuestos binarios formados por un catión (proveniente de la base) y un anión (que proviene del ácido).

En la fórmula se escribirá primero el catión y luego el anión. Al leer la fórmula el orden seguido es el inverso. Para nombrar las sales neutras, basta utilizar el nombre del anión correspondiente y añadirle el nombre del catión, según hemos indicado anteriormente.

Si el anión tiene subíndice, se puede expresar con los prefijos multiplicativos bis, tris, etc. No obstante, si se indica la valencia del metal no son precisos estos prefijos, pues queda suficientemente clara la nomenclatura del compuesto.

SAL	CATIÓN	ANIÓN	SISTEMÁTICA/TRADICIONAL
NaClO	Na <sup>+</sup>	ClO <sup>1-</sup>	oxoclorato (I) de sodio hipoclorito sódico
NaClO <sub>2</sub>	Na <sup>+</sup>	ClO <sub>2</sub> <sup>1-</sup>	dióxoclorato (III) de sodio clorito sódico
NaClO <sub>3</sub>	Na <sup>+</sup>	ClO <sub>3</sub> <sup>1-</sup>	trioxoclorato (V) de sodio clorato sódico
NaClO <sub>4</sub>	Na <sup>+</sup>	ClO <sub>4</sub> <sup>1-</sup>	tetraoxoclorato (VII) de sodio perclorato sódico
K <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	K <sup>+</sup>	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	trioxosulfato (IV) de potasio sulfito potásico
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	tetraoxosulfato (VI) de potasio sulfato potásico
KNO <sub>2</sub>	K <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>1-</sup>	dióxonitrato (III) de potasio nitrito potásico
KNO <sub>3</sub>	K <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>1-</sup>	trioxonitrato (V) de potasio

## COMPUESTOS CUATERNARIOS

### SALES ÁCIDAS

Las sales ácidas provienen de la sustitución parcial de los iones hidrógenos de un ácido oxoácido por cationes. Para nombrar las sales ácidas, la IUPAC propone que se designen anteponiendo al nombre del anión de la sal neutra correspondiente la palabra hidrógeno, indicando con los prefijos mono (se omite), di, tri, etc., el número de átomos de hidrógenos presentes en la sal. La palabra hidrógeno suele unirse directamente al anión. Cuando se han sustituido la mitad de los hidrógenos, a veces se utiliza el prefijo bi.

SAL	SISTEMÁTICA/STOCK/TRADICIONAL
Fe(HSO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	bis[hidrogenotetraoxosulfato (VI)] de hierro (II) hidrogenosulfato de hierro (II)

	sulfato ácido de hierro (II)
$\text{Fe}(\text{HSO}_4)_3$	tris[hidrogenotetraoxosulfato (VI)] de hierro (III)
	hidrogenosulfato de hierro (III)
	sulfato ácido de hierro (III)
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	bis[hidrogenotrioxocarbonato (IV)] de calcio
	hidrogenocarbonato de calcio
	carbonato ácido de calcio

### SALES BÁSICAS

Se originan cuando en una reacción de neutralización hay un exceso de hidróxido respecto del ácido. Son compuestos que poseen algún grupo  $\text{OH}^-$ . Se nombran como las sales neutras, anteponiendo al nombre del anión el término hidroxil precedido de uno de estos prefijos: mono (se omite), *di*, *tri*, etc., que indica el número de grupos  $\text{OH}^-$  que posee la fórmula.

Se nombran también citando, en orden alfabético, el nombre del anión y el término hidróxido unidos por un guión. La palabra hidróxido lleva antepuesto un prefijo numeral (*di*, *tri*, etc.), que indica el número de ellos presentes en la fórmula.

Se pueden, también, nombrar como las sales neutras, pero intercalando la palabra básico precedida del prefijo mono (se omite), *di*, *tri*, etc., según el número de grupos  $\text{OH}^-$  presentes en la fórmula. ICAS

SAL BÁSICA	SISTEMÁTICA/SISTEMÁTICA/TRADICIONAL
$\text{Mg}(\text{OH})\text{NO}_3$	hidroxitrioxonitrato (V) de magnesio
	hidróxido-nitrato de magnesio
	nitrato básico de magnesio
$\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{SO}_4$	dihidroxitetraoxosulfato (VI) de cobre (II)
	dihidróxido-sulfato de cobre (II)
	sulfato dibásico de cobre (II)
$\text{Hg}(\text{OH})\text{NO}_3$	hidroxitrioxonitrato (V) de mercurio
	hidróxido-nitrato de mercurio (II)
	nitrato básico de mercurio (II)
$\text{Ca}(\text{OH})\text{Cl}$	hidroxiclорuro de calcio
	cloruro-hidróxido de calcio
	cloruro básico de calcio

### SALES DOBLES

Se originan al sustituir los iones hidrógeno de un ácido por más de un catión. Se nombran igual que las sales neutras colocando inmediatamente después del nombre del anión y entre paréntesis la palabra doble, triple, etc., según el número de cationes distintos (metales) y colocando al final el nombre de los mismos en orden alfabético,

con prefijos numerales (*di, tri, etc.*) antepuestos a los nombres de los cationes que tienen subíndices (2, 3, etc.) en la fórmula. En ésta, se escriben, en primer lugar, los cationes en orden alfabético.

SAL	SISTEMÁTICA/TRADICIONAL
$\text{KNaSO}_4$	tetraoxosulfato (VI) de potasio y sodio sulfato (doble) de potasio y sodio
$\text{CaNa}_2(\text{SO}_4)_2$	bis[tetraoxosulfato (VI)] de calcio y sodio sulfato (doble) de calcio y disodio
$\text{MgNH}_4\text{AsO}_4$	tetraoxoarseniato (V) de amonio y magnesio arseniato (doble) de amonio y magnesio

### EJERCICIOS DE REPASO

Escribir la fórmula de los siguientes compuestos:

COMPUESTO	FÓRMULA
cloruro de hidrógeno	$\text{HCl}$
sulfuro de hidrógeno	$\text{H}_2\text{S}$
bromuro de hidrógeno	$\text{HBr}$
yoduro de hidrógeno	$\text{HI}$
ácido yodhídrico	$\text{HI}$
ácido fluorhídrico	$\text{HF}$
óxido de plata	$\text{Ag}_2\text{O}$
trióxido de difósforo	$\text{P}_2\text{O}_3$
óxido de hierro (III)	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
óxido de dinitrógeno	$\text{N}_2\text{O}$
óxido de plomo (II)	$\text{PbO}$
óxido de cobalto (II)	$\text{CoO}$
óxido de calcio	$\text{CaO}$
óxido de níquel (III)	$\text{Ni}_2\text{O}_3$
dióxido de azufre	$\text{SO}_2$
óxido de boro (III)	$\text{B}_2\text{O}_3$
óxido de dibromo	$\text{Br}_2\text{O}$
óxido de potasio	$\text{K}_2\text{O}$
heptaóxido de dibromo	$\text{Br}_2\text{O}_7$
bromuro de mercurio (II)	$\text{HgBr}_2$
bromuro de potasio	$\text{KBr}$
yoduro de estaño (II)	$\text{SnI}_2$
ácido nítrico	$\text{HNO}_3$

ácido hipocloroso	HClO
ácido nitroso	HNO <sub>2</sub>
ácido sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
ácido sulfhídrico	H <sub>2</sub> S
ácido bórico	HBO <sub>2</sub>
ácido mangánico	H <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub>
ácido fosfórico	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
ácido arsénico	H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>
ácido perbrómico	HBrO <sub>4</sub>
hidróxido de litio	LiOH
hidróxido de cromo (III)	Cr(OH) <sub>3</sub>
hidróxido de cobre (II)	Cu(OH) <sub>2</sub>
hidróxido de amonio	NH <sub>4</sub> (OH)
hidróxido de cinc	Zn(OH) <sub>2</sub>
hidróxido de plomo (IV)	Pb(OH) <sub>4</sub>
dicromato de plomo (IV)	Pb(CrO <sub>7</sub> ) <sub>2</sub>
arseniato de plata	Ag <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>
cromato de plata	Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>
hipoclorito sódico	NaClO
sulfito potásico	K <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>
trioxoclorato (V) de sodio	NaClO <sub>3</sub>
permanganato de amonio	NH <sub>4</sub> MnO <sub>4</sub>
dihidrógenofosfato de sodio	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
dihidrogenofosfito de aluminio	Al(H <sub>2</sub> PO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>
hidrógenosulfato de manganeso (II)	Mg(HSO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>
hidrógenosulfuro de amonio	NH <sub>4</sub> HS

### EJERCITACIÓN

1) Indicar el estado de oxidación de cada elemento en los siguientes compuestos por aplicación de las reglas respectivas

Li<sub>2</sub>O, NaNO<sub>3</sub>, HBr, HClO, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, KI, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, KH, Ba(OH)<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

2) Calcular el número de oxidación del nitrógeno en cada caso:

N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>, NaNO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NO, HNO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub><sup>-</sup>, NH<sub>3</sub>

3) Escribir las fórmulas de los óxidos correspondientes a los siguientes metales y nombrarlos

5) Escribir las fórmulas de los hidróxidos correspondientes a los siguientes metales y nombrarlos:

Na, Mg, Al, Zn, Cu, Fe

6) Dados los nombres de los siguientes compuestos, escribir su fórmula e indicar si se trata de óxidos ácidos (o no metálicos), óxidos básicos (o metálicos), oxácidos o hidrácidos:

- a) pentóxido de divanadio
- b) ácido bromhídrico
- c) ácido hipocloroso
- d) decóxido de tetrafósforo
- e) trióxido de diarsénico
- f) óxido de níquel (III)
- g) ácido perbrómico
- h) dióxido de titanio

7) Dadas las siguientes fórmulas, dar las nomenclaturas correspondientes e indicar si se trata de óxidos ácidos o básicos, hidróxidos, hidruros, oxácidos o hidrácidos:

- a)  $H_2S$    b)  $HClO_3$    c)  $HK$    d)  $NiO$    e)  $P_4O_6$    f)  $Ba(OH)_2$    g)  $HClO_2$
- h)  $SiO_2$    i)  $NH_4OH$    j)  $HF$    k)  $Ag_2O$    l)  $H_3PO_4$    m)  $CaH_2$

8) Dar la fórmula y nomenclatura de las sales que se forman por combinación de los siguientes aniones:

$S^{2-}$ ;  $Cl^{-1}$ ;  $BrO_3^{-1}$ ;  $NO_3^{-1}$ ;  $HCO_3^{-1}$ ;  $SO_4^{-2}$ ;  $PO_4^{-3}$ ;  $HPO_3^{-2}$

con cada uno de los siguientes cationes:

$Al^{+3}$ ;  $Fe^{+3}$ ;  $Cu^{+2}$ ;  $Hg^{+2}$ ;  $Na^{+1}$ ;  $NH_4^{+1}$

9) Nombrar los siguientes compuestos e indicar de qué tipo de sustancia se trata:

- a)  $K_2O$    b)  $FeO$    c)  $Cr_2O_3$    d)  $Cl_2O$    e)  $N_2O_4$    f)  $NH_3$
- g)  $Cl_2O_3$    h)  $H_2O_2$    i)  $LiH$    j)  $HNO_2$    k)  $HI$    l)  $BaH_2$
- m)  $HClO_2$    n)  $HIO_4$    ñ)  $CaCO_3$    o)  $AgCl$    p)  $FePO_4$    q)
- r)  $Zn(HPO_3)$    s)  $Sb(OH)_3$    t)  $CoF_2$    u)  $Au(NO_3)_3$
- v)  $Ni(OH)_2$    w)  $AgClO_3$    x)  $NaNO_2$    y)  $SnCl_2$    z)  $H_2S$

10) Escribir las fórmulas de los siguientes compuestos e indicar de qué tipo de sustancia se trata:

- a) óxido de bromo (III)
- c) dióxido de carbono
- e) cloruro de níquel (II)
- g) sulfato de amonio
- i) nitrito de hierro (II)
- k) ácido perbrómico
- m) cloruro de mercurio (I)
- n) clorito de plomo (II)
- p) sulfuro de hidrógeno
- r) trióxido de cromo
- t) pentóxido de dicloro
- v) nitrato de plata
- x) hipoclorito de sodio
- z) ácido fosforoso
- b) hidrógeno sulfito de cobre (II)
- d) óxido de bario
- f) trióxido de dinitrógeno
- h) ioduro de calcio
- j) hidrógeno carbonato de cromo (III)
- l) óxido de plomo (II)
- n) hidróxido de bario
- o) clorato de cobre (II)
- q) sulfito de calcio
- s) hidruro de potasio
- u) dihidrógeno fosfato de cinc
- w) hipoclorito de aluminio
- y) ácido sulfuroso

## UNIDAD N°5

### UNIDADES DE MEDICIÓN DEL UNIVERSO QUÍMICO, ESTEQUIOMETRÍA Y SOLUCIONES

**Pesos atómicos y moleculares** La escala de masa atómica En 11,1 g de Hidrógeno hay el doble de átomos que en 88,9 g de Oxígeno. Entonces 1 átomo de O debe pesar alrededor de 16 veces más que 1 átomo de H. Si al H (el elemento más ligero de todos), le asignamos una masa relativa de 1 y a los demás elementos les asignamos masas atómicas relativas a este valor, es fácil entender que al O debemos asignarle masa atómica de 16.

Sabemos también que un átomo de *hidrógeno*, tiene una masa de  $1,6735 \times 10^{-24}$  gramos, que el átomo de oxígeno tiene una masa de  $2,6561 \times 10^{-23}$  gramos. Si ahora en vez de los valores en gramos usamos la unidad de masa atómica (*uma*) veremos que será muy conveniente para trabajar con números tan pequeños.

**La unidad de masa atómica *uma* no se normalizó respecto al hidrógeno sino respecto al isótopo  $^{12}\text{C}$  del carbono (*masa = 12 uma*). Entonces, la masa de un átomo de hidrógeno ( $^1\text{H}$ ) es de 1,0080 *uma*, y la masa de un átomo de oxígeno ( $^{16}\text{O}$ ) es de 15,995 *uma*.**

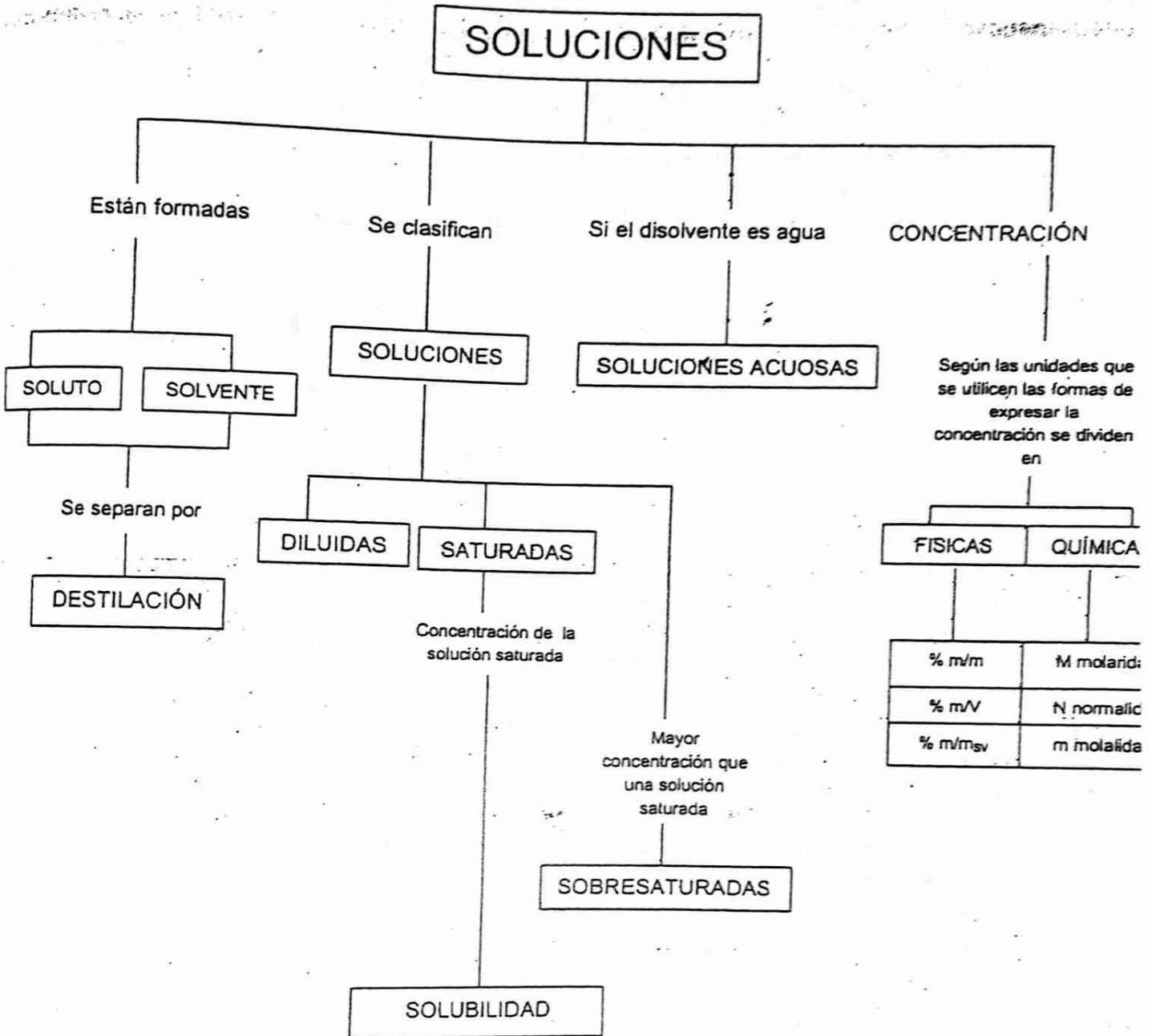
Una vez determinadas las masas de todos los átomos, se puede asignar un valor correcto a las *uma*:  $1 \text{ uma} = 1,66054 \times 10^{-24}$  gramos, y al revés:  $1 \text{ gramo} = 6,02214 \times 10^{23} \text{ uma}$

**Masa atómica promedio.** La mayoría de los elementos se presentan en la naturaleza como una mezcla de isótopos. Podemos calcular la masa atómica promedio de un elemento, si sabemos la masa y también la abundancia relativa de cada isótopo. Ejemplo: El carbono natural es una mezcla de tres isótopos, 98,892% de  $^{12}\text{C}$  y 1,108% de  $^{13}\text{C}$  y una cantidad despreciable de  $^{14}\text{C}$ . Por lo tanto, la masa atómica promedio del carbono será:  $(0,98892) \times (12 \text{ uma}) + (0,01108) \times (13,00335 \text{ uma}) = 12,011 \text{ uma}$

**La masa atómica promedio de cada elemento se le conoce como peso atómico. Estos son los valores que se dan en las tablas periódicas.**

**Masa Molar.** Un átomo de  $^{12}\text{C}$  tiene una masa de 12 *uma*. Un átomo de  $^{24}\text{Mg}$  tiene una masa de 24 *uma*, o lo que es lo mismo, el doble de la masa de un átomo de  $^{12}\text{C}$ . Entonces, una mol de átomos de  $^{24}\text{Mg}$  deberá tener el doble de la masa de una mol de átomos de  $^{12}\text{C}$ . Dado que por definición una mol de átomos

# SOLUCIONES



Una disolución o solución es un sistema homogéneo, formado, al menos por dos sustancias. Este sistema es *fraccionable*, es decir, sus componentes pueden separarse, dividirse o fraccionarse. Las técnicas empleadas para separar los componentes son la destilación y también la cristalización fraccionada.

Las sustancias que forman parte de la solución, toman distintos nombres según la proporción en la que se encuentran:

**Solvente:** la sustancia que se encuentra en mayor proporción

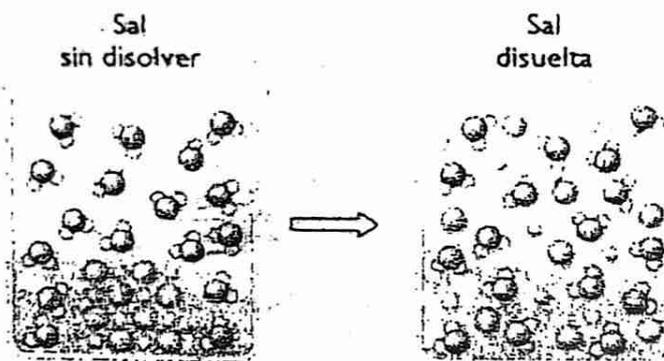
**Soluto:** la o las sustancias que se encuentran en menor proporción.

Los componentes de una solución no reaccionan entre sí. La interacción entre las moléculas o iones o entre ambos es débil, esta propiedad es el fundamento de los métodos de fraccionamiento

El solvente más común y más importante por el papel que desempeña en los seres vivos es el agua. Las soluciones que tienen como solvente el agua se llaman

**Soluciones acuosas.**

Cuando se prepara una solución, se produce el fenómeno físico de disolución, en él, las moléculas de soluto, son separadas por el efecto del solvente y distribuidas en forma homogénea en la solución. Debido al tamaño de las moléculas de soluto, no se observan visualmente dentro del solvente.



Ejemplo: Si se agrega azúcar al agua y se revuelve, la sustancia introducida (soluto) "desaparece", y sólo observamos un único sistema similar al del comienzo, lo que ocurrió es que el azúcar se disolvió en el solvente, distribuyéndose en forma homogénea de tal manera que en cada punto del sistema, las propiedades son las mismas (sistema material homogéneo).

Esta capacidad de disolver un soluto que tiene un líquido es llamada solubilidad y depende de la temperatura en forma directamente proporcional, es decir a mayor temperatura es mayor la cantidad de soluto que puede disolver un determinado solvente (también llamado disolvente).

De acuerdo a la cantidad de soluto que esté presente en la solución, podemos clasificarlas en:

- a) Diluidas
- b) Concentradas
- c) Saturadas
- d) Sobresaturadas

a) Soluciones diluidas: Son aquellas que, a una dada temperatura, la cantidad de soluto disuelto es tal que si se quisiera seguir agregando más soluto, éste se seguiría disolviendo y el aspecto de la solución no variaría. En general en las soluciones diluidas la cantidad de soluto es pequeña.

b) Soluciones concentradas: Son aquellas en las que la cantidad de soluto disuelto en el solvente es importante, es decir se van acercando a la cantidad máxima de soluto que a la temperatura de trabajo el solvente puede disolver.

- c) Soluciones saturadas: Son aquellas en las que el solvente agotó la capacidad de disolver el soluto, en estas se encuentra el soluto en la máxima cantidad que el solvente puede aceptar a una dada temperatura. Si se agregara más soluto al preparar la solución, este, ya no se disuelve y se deposita en el fondo.
- d) Soluciones sobresaturadas: Son aquellas en las que la cantidad de soluto que esta disuelto, excede el límite, que el solvente en condiciones normales puede disolver. Estas son soluciones inestables, un mínimo cambio del sistema, el agregado de un cristal de soluto, un movimiento de la misma, o una pequeña variación de la temperatura provocan que el exceso de soluto precipite.

Sentido Creciente de la Concentración  Soluciones Saturadas  
Soluciones Concentradas  
Soluciones Diluidas

## FORMAS DE EXPRESAR LA CONCENTRACIÓN DE UNA SOLUCIÓN

La concentración de una solución expresa la relación entre la masa de soluto y la masa o volumen de solución o de solvente.

Según la manera de medir la cantidad de soluto se clasifican en:

- a) Unidades Físicas de concentración
- b) Unidades Químicas de concentración

a) Las Unidades Físicas de concentración se caracterizan por expresar el soluto en unidades de masa (gramos) o volumen (ml) en caso de que el soluto sea líquido, por cada 100 gramos o mililitros de solución o solvente.

En símbolos:

- i) % m/m
- ii) % m/Vsol
- iii) % V/ Vsol
- iv) % m/Vsv
- v) % V/ Vsv

El significado de los símbolos es el siguiente:

- i) % m/m: gramos de soluto disueltos en 100 g de solución.
- ii) % m/V: gramos de soluto disueltos en 100 ml de solución.
- iii) % V/ V: ml de soluto disueltos en 100 ml de solución.
- iv) % m/Vs.: gramos de soluto disueltos en 100 ml de solvente.
- v) % V/ Vsv: ml de soluto disueltos en 100 ml de solvente.

Estas formas de expresar las concentración son interconvertibles entre sí, es decir, teniendo como datos, la densidad de la solución, el peso molecular del soluto, el tipo de solvente, etc., puede elegirse la forma de expresión más conveniente o hacer las

## UNIDAD 7

### LOS COMPUESTOS DEL CARBONO

El término Hidrocarburo comprende aquellas sustancias que presentan por lo menos una unión Carbono – Hidrogeno, que por diversas reacciones, son capaces de originar una gran cantidad de compuestos derivados del carbono que involucran átomos de otros elementos como el Nitrógeno, Oxígeno, Azufre, Flúor, Cloro y muchos otros.

El estudio de los compuestos orgánicos se simplifica si se considera que están formados por un fragmento de hidrocarburo y un grupo de átomos que controla la reactividad de la molécula y que se denomina **grupo funcional**.

Cuando el átomo de Carbono esta unido a un solo átomo de carbono también, se denomina **carbono primario**, si se encuentra unido a 2 átomos de carbono es **Secundario** y si esta unido a 3 carbonos se denomina **Carbono terciario** y si esta unido a 4 carbonos, se denomina **cuaternario**.

### CLASIFICACIÓN DE LOS HIDROCARBUROS

#### I. Hidrocarburos alifáticos saturados.

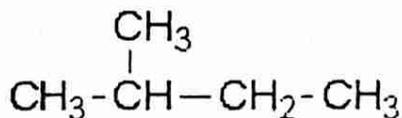
Los hidrocarburos alifáticos son aquellos en cuyas moléculas los átomos de carbono están unidos por enlaces simples y forman cadenas abiertas o cerradas. En este caso en particular se trabajara con los llamados Alcanos.

Estos alcanos solo presentan enlaces covalentes simples. Los átomos de carbono contienen hibridización  $SP^3$  y consecuentemente la geometría es Tetraédrica. Un ejemplo que se puede presentar al respecto es el caso del Metano  $CH_4$ .

Los alcanos pueden ser lineales o de cadena ramificada. Por ejemplo



Butano.



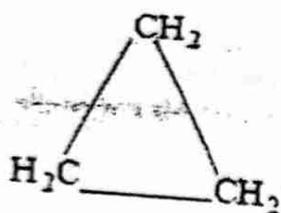
2-Metil Butano

Cada una de las ramificaciones procede de la pérdida de un átomo de carbono de la cadena del hidrocarburo principal y se lo llama "**radical**", en este caso, el ejemplo del 2,metil – butano, el radical es el Metilo –  $CH_3$  unido a la cadena del Butano en el carbono segundo, contando de izquierda a derecha la cadena carbonada.

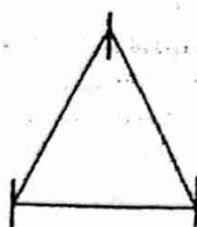
Los alcanos de cadena abierta responden a la formula general  $C_nH_{2n+2}$  y forman una serie Homologa con propiedades semejantes entre ellos.

Los alcanos de cadena cerrada se denominan **Cicloalcanos** y se representan con poligonos en los que cada vértice representa o corresponde a un  $CH_2$ . Los cicloalcanos responden a la formula general:  $C_nH_{2n}$ .

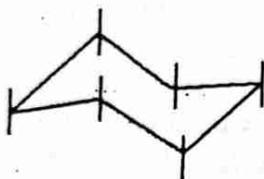
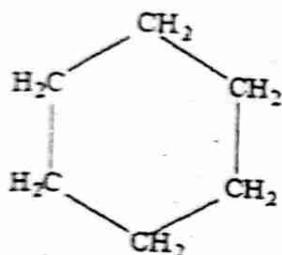
Por ejemplo:



CICLOHEXANO



CICLOPROPANO



Los alcanos son compuestos insolubles en agua en general y solubles en solventes orgánicos, debido al momento dipolar reducido que presentan. Presentan una densidad menor a la del agua con lo cual al mezclarlos con ella la fase orgánica se constituye en la superficie de la fase acuosa.

Los alcanos que presentan de 1 a 4 átomos de carbonos, en general gaseosos a temperatura ambiente, es decir, en condiciones normales de presión y temperatura; desde los 5 átomos de carbono hasta los 14 aproximadamente, son líquidos y los restantes sólidos. Esto es debido al peso molecular que presentan las moléculas y a las interacciones que se establecen entre ellas.

Los puntos de ebullición y de fusión aumentan al aumentar el peso molecular dentro de cada serie homóloga. Los hidrocarburos ramificados presentan puntos de fusión y/o ebullición menores a los hidrocarburos lineales.

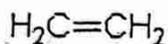
## 2. Hidrocarburos alifáticos insaturados: Alquenos y Alquinos.

Este tipo de compuestos orgánicos, son alifáticos insaturados, debido su nombre a la presencia de enlaces de tipo covalente dobles y triples respectivamente.

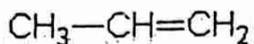
El alqueno más pequeño es el Eteno, constituido por la unión doble de 2 átomos de carbono, siendo estos últimos híbridos  $SP^2$ , además cada carbono se une a 2 hidrógenos formando una molécula cuyos ángulos son de aproximadamente  $120^\circ$ .

Los alquenos responden a la estructura molecular  $C_nH_{2n}$  y de igual forma que para los alcanos que presentan esta estructura molecular, antes mencionada y descrita, presentan propiedades y comportamientos semejantes

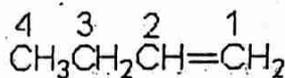
Ejemplos:



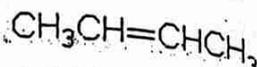
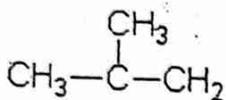
Eteno



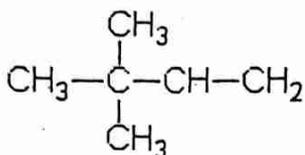
Propeno



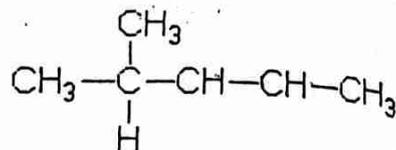
1-Buteno

2-Buteno  
(cis- o trans-)

2-Metilpropeno



3,3-Dimetil-1-buteno

4-Metil-2-penteno  
(cis- o trans-)

En cuanto a la nomenclatura, hay que tener en cuenta que para cualquier compuesto orgánico, primero se debe identificar la cadena carbonada principal, la mas larga, y luego, tener en cuenta que cada porción o estructura orgánica que esta adosada a la cadena principal (sustituyentes que ramifican la cadena) deben ser mencionados y nombrados, pero esto de acuerdo a un ordenamiento;

Primero, se identifica la cadena lineal y continua mas larga, se le asigna un numero a cada carbono que constituye esta cadena, pero teniendo en cuenta que se comenzara a contar por el lado que tenga prioridad. Esto quiere decir que si la molécula no presenta sustituyentes o estos están acomodados en la cadena de forma simétrica, se puede contar por cualquiera de los dos extremos de la misma; de no ser así, se debe comenzar a contar por el extremo donde se encuentre primero algún sustituyente y luego se mencionan los sustituyentes en orden alfabético dependiendo de cuales se trate y al final el nombre de la cadena carbonada principal.

Los alquinos responden a la formula general  $\text{C}_n \text{H}_{2n-2}$ . Los carbonos presentan hibridación  $\text{sp}$  y originan una unión del tipo covalente triple. A cada carbono se le unen 2 hidrógenos y en consecuencia la geometría de la molécula es planar con ángulos de aproximadamente  $180^\circ$ .

### 3. Hidrocarburos de cadena cerrada o cíclicos; Cicloalcanos o Alicíclicos (Homociclos).

Son compuestos cíclicos no derivados del Benceno, es decir anillos en donde no existen dobles ligaduras o si bien pueden existir estas no se encuentran deslocalizadas entre 2 o más átomos de carbono, en consecuencia en estos ciclos no se observa aromaticidad.

Ejemplos.

Ciclobutano (4c)

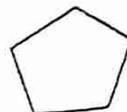


Ciclopropano (3c)



Ciclopentano (5c)

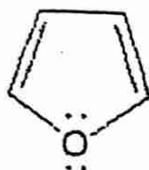
Ciclooctano (8c)



#### 4. Hidrocarburos de cadena cerrada o cíclicos; (Heterociclos).

Son anillos que representan no solo átomos de carbono en su estructura sino que además incluyen átomos de Oxígeno, Nitrógeno Azufre y otros, de allí la subclasificación de "Heterociclos". Son muy importantes ya que se encuentran difundidos en vitaminas, alcaloides, ácidos nucleicos, glúcidos, etc. pueden ser o no de carácter aromático (es decir con electrones deslocalizados entre los orbitales libres de los átomos que los constituyen).

Ejemplo.



Furano

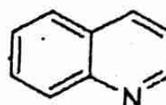
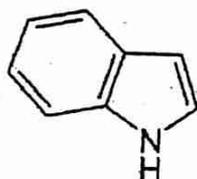
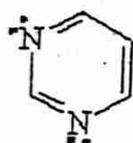


Tiofeno

Piridina



Pirrol



#### 5. Hidrocarburos de cadena cerrada o cíclicos; Aromáticos (Homociclos).

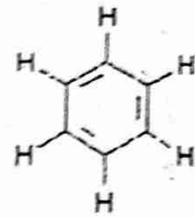
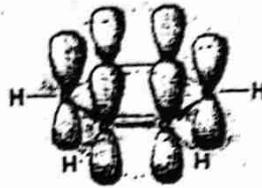
En el caso de estos ciclos, al igual que para los anillos Alicíclicos o Alicílicos, solo son átomos de carbono los que constituyen la cadena de los mismos.

En este caso en particular, conocidos también como Hidrocarburos aromáticos, son compuestos derivados del Benceno. Este último de fórmula molecular  $C_6H_6$ . Esta fórmula indica que se trata de una molécula no saturada, pero sus propiedades son muy diferentes a las de los alquenos o alquinos tal cual son.

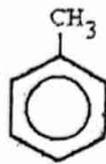
La molécula de Benceno es una molécula cíclica, plana y hexagonal, de ángulos de aproximadamente  $120^\circ$ .

Cada átomo de carbono establece enlaces con otros dos átomos de carbono y con átomos de Hidrógeno. Los orbitales P semillenos de cada uno de los seis átomos de carbono, ubicados en forma perpendicular al plano molecular, se solapan para generar una nube electrónica de carga, por encima y por debajo del plano del hexágono molecular. Estas son conocidas como las nubes de electrones deslocalizados "pi" ( $\pi$ )

Ejemplos.



La sustitución de uno o más hidrógenos del anillo-bencénico por radicales carbonados, da origen a una gran variedad de hidrocarburos aromáticos derivados. Por ejemplo

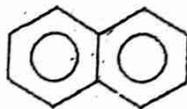


Metilbenceno o Tolueno

Los anillos bencénicos pueden condensarse para originar hidrocarburos de núcleos agrupados que presentan más de una estructura resonante.

El Naftaleno por ejemplo, es un compuesto químico que se utiliza para matar polillas. Es un sólido blanco, insoluble en agua, volátil, que funde a aproximadamente a  $80^\circ C$ . Es empleado también en la fabricación de colorantes e insecticidas.

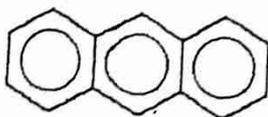
Naftaleno



El Antraceno, y el Fenantreno son isómeros de  $C_{14}H_{10}$ , esto quiere decir que presentan la misma fórmula molecular, que tienen igual cantidad de átomos de carbono e Hidrogeno una y otra molécula, pero que presentan distinta disposición espacial una de la otra.

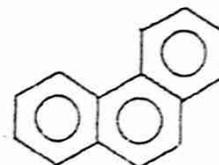
El primero se emplea para la producción de tintes y colorantes, es un sólido incoloro, insoluble en agua y soluble en solventes orgánicos como distintos alcoholes y Benceno.

El Fenantreno tiene gran importancia biológica ya que interviene como matriz estructural en la conformación del Colesterol y de las hormonas sexuales, también es un sólido incoloro, soluble en solventes orgánicos.

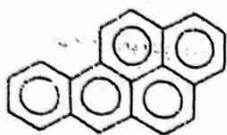


Antraceno

Fenantreno



El Benzopireno, es un agente altamente carcinogénico que ha sido encontrado y caracterizado en combustiones incompletas como es el caso de la combustión del tabaco.



Benzopireno

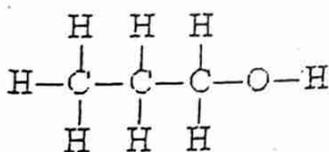
## 6. Funciones orgánicas oxigenadas.

Las funciones orgánicas oxigenadas, son una familia de sustancias con propiedades químicas semejantes, que contienen estructuras hidrocarbonada y algún grupo funcional con presencia de átomos de Oxígeno.

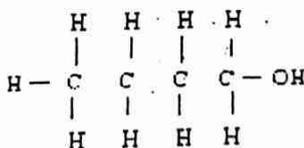
Dentro de este grupo de funciones orgánicas oxigenadas, tenemos a los Alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres y éteres.

Los alcoholes se caracterizan por presentar un grupo funcional  $-OH$  (oxhidrilo o Hidroxilo) de tal forma que de acuerdo al carbono al cual se encuentre unido definirá un alcohol 1rio, 2rio o 3rio: cuando un átomo de carbono se enlaza solo a un único átomo de carbono se dice que es 1rio; cuando el carbono se enlaza a otros dos átomos de carbono se denomina 2rio y cuando esta enlazado a otros 3 átomos de carbono se denomina 3rio. En cuanto a la nomenclatura, los alcoholes se denominan, llamando a la molécula que lo constituye, con el sufijo o terminación "ol"

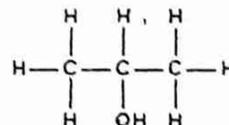
Ejemplos:



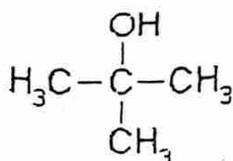
Propanol (1rio)  
(2rio)



butanol (1rio)



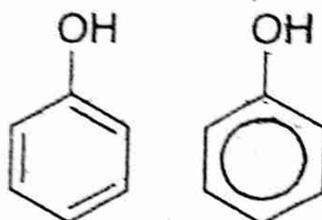
2-propanol



Terbutanol (3rio)

Un tipo especial de alcoholes lo constituyen los fenoles, que son compuestos que presentan al benceno acoplado con un grupo -OH (oxhidrilo), de tal forma que su comportamiento químico difiere sustancialmente con los alcoholes de cadena carbonada lineal o alifática, ya que los primeros presentan mayor acidez pudiendo reaccionar inclusive con distintos Hidróxidos para la formación de sales.

Ejemplo

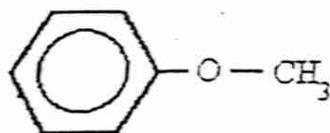


Dos formas de representar una molécula de Fenol

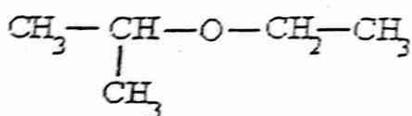
En cuanto a algunas de las propiedades químicas, los alcoholes en general presentan puntos de fusión y ebullición mayores que los éteres (estos últimos son isómeros de función con los alcoholes) de masa molecular semejante, debido a que entre sus moléculas se establecen interacciones puente hidrogeno, que en el caso de los éteres no pueden establecerse. Los alcoholes en general son bastante reactivos, es decir presentan una estabilidad relativa, son inflamables y altamente volátiles. Un detalle importante a tener en cuenta es la posición del grupo -OH dentro del alcohol que constituye, ya que el impedimento estético que sufre un alcohol 3rio, no lo manifiesta uno 2rio, ya que espacialmente se encuentra mayormente disponible y menos impedido, con lo cual la reactividad química es decreciente conforme aumenta el grado de estructuramiento del alcohol (1ro, 2rio, 3rio). En consecuencia, los alcoholes 1rios son significativamente mas reactivos que los 3rios.

Los Éteres, se caracterizan por la unión del oxígeno (puente "oxo"), con dos radicales orgánicos. En cuanto a la nomenclatura, se mencionan ambos radicales orgánicos en orden alfabético con la terminación "il" y la palabra "éter" al final; o se puede mencionar el radical que proviene del alcohol (de acuerdo al orden alfabético) con el sufijo "oxi" y el otro radical orgánico con la terminación o sufijo "ilo".

Ejemplos.

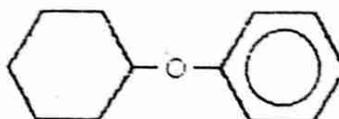


Fenil, metil - éter o Fenoxi - metilo



Etil, isopropil - éter

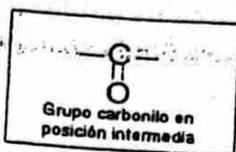
Etoxi - isopropilo



Ciclohexil, fenil - éter

fenoxi - ciclohexilo

Aldehídos y cetonas; se caracterizan por tener un grupo funcional



Carboxilo, que siempre se encuentra en un carbono l rrio en el caso de los aldehídos, pero si este grupo carbonilo o carboxilo, se encuentra unido a dos radicales alquilo o arilo, el compuesto es una cetona.

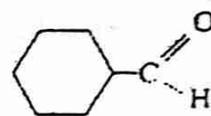
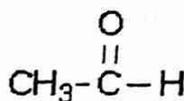
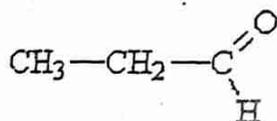
La polaridad del doble enlace del grupo carbonilo, explica el comportamiento y propiedades físicas de estos compuestos; por ejemplo, los aldehídos y cetonas mas sencillos son solubles en agua, además los puntos de ebullición son superiores a los de los hidrocarburos de masa molecular semejante e inferiores a los de los alcoholes.

Los aldehídos y cetonas experimentan una reacción de autoedición llamada "alcoholización", que consiste en la unión de dos moléculas de aldehído o de cetona, para formar un compuesto que presenta una función aldehído o cetona y una función alcohol.

Esta reacción sucede en medio básica y en presencia de calor.

La nomenclatura para la definición del aldehídos corresponde a la mención de la molécula con el sufijo o terminación "al".

Por ejemplo



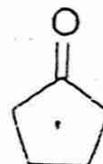
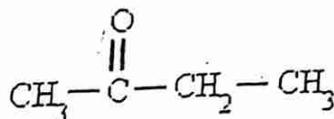
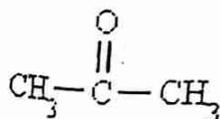
Propanal

etanal

ciclohexanal

La nomenclatura para la definición de las cetonas corresponde a la mención de la molécula con el sufijo o terminación "ona".

Por ejemplo



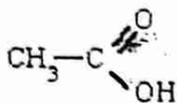
Propanona

butanona

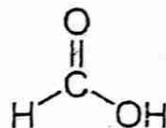
ciclopentanona

**Ácidos carboxílicos y ésteres;** los ácidos carboxílicos son compuestos que presentan un grupo funcional  $-\text{COOH}$  unido a un radical alifático o aromático y se denominan como tales ya que manifiestan un grado de acidez apreciable.

### Ejemplos



Ac. Etanoico o Acético  
(Base del Vinagre)



Ac. Metanoico o Fórmico  
(Picadura de Hormiga)

Los puntos de fusión y ebullición de los ácidos carboxílicos son más altos que el de los compuestos orgánicos de similar peso molecular. La presencia de uniones puente hidrogeno explica la solubilidad en agua de los ácidos de cadena corta. Esta solubilidad disminuye notoriamente al aumentar la longitud de la cadena carbonada, esto quiere decir que la polaridad del compuesto se va reduciendo, influenciando la porción no polar de la molécula por sobre la polar.

Los ácidos carboxílicos se pueden obtener por oxidación de los aldehídos en presencia de Platino o Manganeso como catalizadores.

La reacción entre dos moléculas de ácidos carboxílicos puede dar como producto de reacción a **anhídridos** mediante una reacción de deshidratación. El más importante es el anhídrido acético que se obtiene a los  $700^\circ\text{C}$  en presencia de un catalizador.

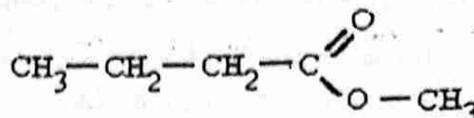
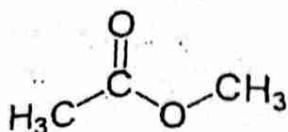
Otro de los productos de reacción son los Esteres, los cuales son compuestos derivados de estos ácidos carboxílicos, en los cuales el grupo Hidroxilo  $-\text{OH}$ , ha sido sustituido por un grupo  $-\text{OR}$ .

Los ésteres son menos solubles en agua que los ácidos, pero mucho más volátiles, presentan aromas agradables que confieren sabores y olores característicos a las frutas y flores, tal es el caso del Etanoato de pentilo es el responsable del aroma característico de las bananas y el Butanoato de metilo el aroma característico de la manzana.

Los puntos de ebullición de los esterres resultan menores que el de los ácidos carboxílicos de semejante masa molecular debido a que no presentan grupos  $-\text{OH}$  no se establecen uniones puente hidrogeno entre sus moléculas.

Estos esterres pueden ser obtenidos a por la deshidratación de un ácido carboxílico junto con un alcohol en presencia de un catalizador, que en general resulta ser un ácido fuerte, tal como el  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Ejemplos.

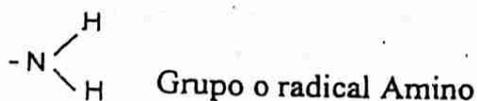


Etanoato de Metilo

Butanoato de Metilo

## 7. Funciones orgánicas nitrogenadas.

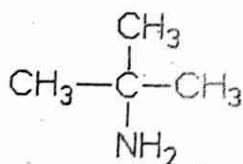
**Aminas y amidas.** Todas estas sustancias presentan por lo menos un grupo funcional amino, cuya característica principal es la presencia de un átomo de Nitrógeno.



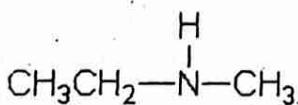
La estructura de las aminas, es semejante a la del amoniaco (NH<sub>3</sub>), en el cual, uno, dos o tres átomos de hidrogeno, se reemplazan por radicales alifáticos o aromáticos y dan origen a las aminas que pueden ser primarias, secundarias o terciarias respectivamente (situación semejante a la sustitución del grupo -OH en los alcoholes).

En cuanto a la nomenclatura, se mencionan en orden alfabético los sustituyentes orgánicos que las conforman con la terminación o sufijo "il" y al final la palabra "Amina".

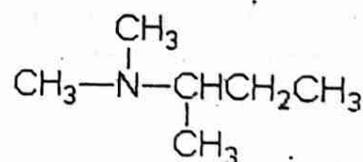
Ejemplos.



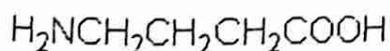
t-Butilamina  
(1°)



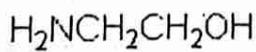
Etilmetilamina  
(2°)



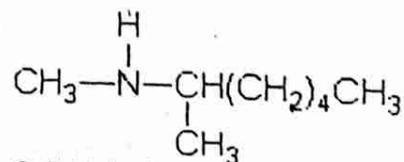
sec-Butildimetilamina  
(3°)



Acido γ-aminobutírico  
(1°)



2-Aminoetanol  
(Etanolamina)  
(1°)



2-(N-Metilamino)heptano  
(2°)

Las aminas primarias y secundarias presentan puntos de fusión y ebullición más altos que las aminas terciarias, debido a la posibilidad de formar interacciones puente

hidrogeno, que no es posible lograr en el caso de las aminas terciarias que esta totalmente saturado de enlaces el núcleo de Nitrógeno.

Las aminas se pueden formar por medio de la reacción entre un halogenuro de alquilo o un alcohol en exceso de amoniaco, pudiendo continuar el mecanismo de reacción, para la formación consecutiva de aminas secundarias y terciarias también.

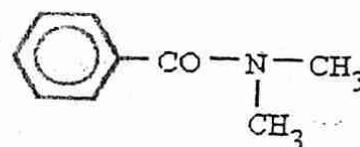
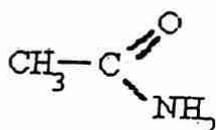
El comportamiento químico de las aminas se relaciona con el carácter básico que le confiere el par de electrones no enlazantes que le queda al nitrógeno, este carácter básico es mayor en las aminas alifáticas que en las aromáticas. Al igual que el amoniaco, las aminas reaccionan con ácidos orgánicos e inorgánicos para generar sales de amonio.

En cuanto a la reactividad química, las aminas primarias son las más reactivas debido al escaso impedimento estérico que presentan sus estructuras, reduciéndose en las secundarias y terciarias, que prácticamente no reaccionan estas últimas debido al gran impedimento estructural que presentan.

Las **Amidas** son compuestos más básicos que las aminas y mucho menos reactivos que los ácidos carboxílicos. Se las puede obtener por deshidratación de un ácido carboxílico en presencia de amoniaco.

En cuanto a la nomenclatura, se mencionan los grupos orgánicos intervinientes en la conformación, en orden alfabético y con el sufijo "an", con la palabra "amida" al final

Ejemplos.

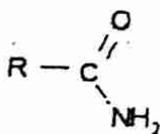


Etanamida

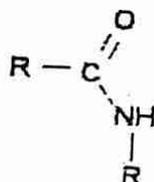
Benzan, dimetanamida.

Al igual que los alcoholes y las Aminas, las Amidas se pueden clasificar en primarias, secundarias y terciarias de acuerdo al grado de sustitución que sufra el nitrógeno proveniente del amoniaco que reacciona en su formación.

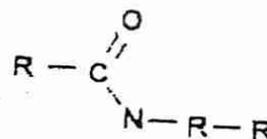
Ejemplos.



Amida Primaria  
o Sencilla



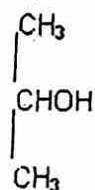
Amida Secundaria  
o Sustituida



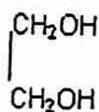
Amida Terciaria  
o Disustituida

## EJERCITACIÓN

- 1) Formular y nombrar según las normas de la IUPAC todas las estructuras posibles del  $C_5H_{12}$  y  $C_3H_6Cl_2$ .
- 2) Nombrar las siguientes estructuras según las normas de la IUPAC:
- $CH_3-CH=CH-CH_2-CH_2-CH_3$
  - $CH_3-CH(Cl)-CH=CH-CH_3$
  - $CH_3-C(Br)=C(Br)-CH_3$
  - $(CH_3)_2C=C(Br)-CH_3$
  - $(CH_3)_2CH-CH=CH_2$
- 3) ¿Cuál de las estructuras del ejercicio anterior pueden tener isomería geométrica (cis-trans).
- 4) Escribir las fórmulas estructurales para los siguientes compuestos:
- propeno.
  - 1-3-butadieno.
  - 3-ciclopentadieno.
  - 2-octeno.
  - 2-metilpropeno.
  - 3-metil-2-penteno.
  - 2-2-hexadieno.
  - 2-buteno.
  - 2-4-dimetil-1-penteno.
  - 1-buteno.
- 5) Nombre los siguientes compuestos:



A



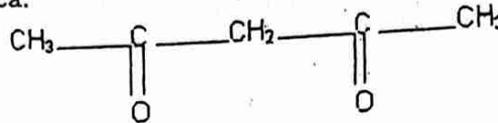
B

- 6) Completar las siguientes reacciones:
- $CH_3-CH=CH_2 + HOCl$
  - $(CH_3)_3COH + HCl$
  - $CH_3CH_2OH + H_2SO_4$
  - $C_2H_5OH + Na$
- 7) Los aldehídos se caracterizan por tener:
- Un grupo carboxilo.
  - Un grupo carbonilo unido a dos radicales alquilo.
  - Un grupo carbonilo unido a un grupo hidroxilo.
  - Un grupo carbonilo unido a un átomo de hidrógeno.
- 8) Escriba tres isómeros que respondan a  $C_4H_8O$  y nómbralos.
- 9) Escriba las fórmulas de los siguientes compuestos:

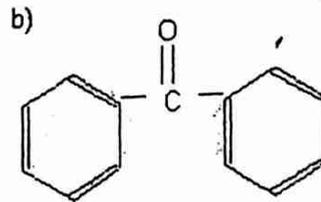
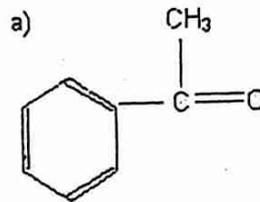
- a) Pentanal.
- b) 3-metil-4-propil-octanal.
- c) Propinaldehído.
- d) 2-metilpropanal.

10) El compuesto siguiente se llama:

- a) Dipentanona 2,4.
- b) 2-4-pentano-diona.
- c) 2-4-pentanona.
- d) Dipentanona simétrica.



11) Nombrar los siguientes compuestos:



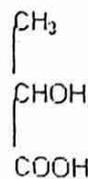
12) El grupo funcional CO-OH se denomina:

- a) Carbonilo.
- b) Aldehído.
- c) Carboxilo.
- d) Ninguno de ellos.

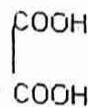
13) Escriba la fórmula estructural de los siguientes compuestos:

- a) Propanoico.
- b) Butanoico.
- c) 2-etil-hexanoico.
- d) Valeriánico.
- e)  $\alpha$ ,  $\beta$  -dimetilcaproico.
- f) 3-butenico.
- g) Bromoacetato de etilo.
- h) Cloruro de propanoilo.
- i) Anhídrido ftálico.
- j) Trimetilacético.
- k) Propionato cálcico.

14) Nombre los siguientes compuestos:



A



B

15) Un éster es el producto de la reacción entre:

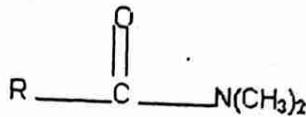
- a) Dos ácidos.
- b) Dos alcoholes.
- c) Un ácido y un alcohol.
- d) Dos cetonas.

16) Escriba las fórmulas y nombres de los ésteres que pueden resultar de la combinación entre:

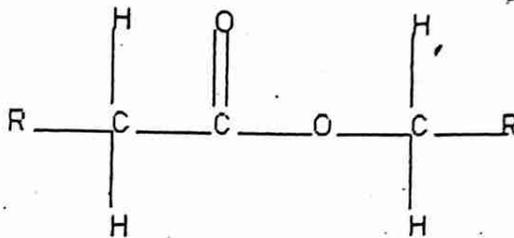
- a) Acido propanóico y metanol.
- b) Acido etanóico y 2-propanol.

17) ¿Cuál de los siguientes compuestos es un éster?:

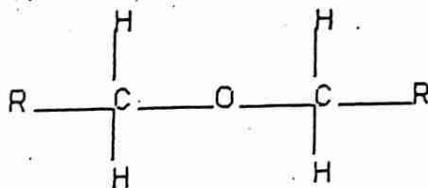
A)



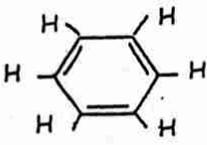
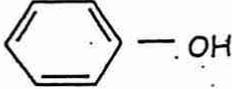
B)



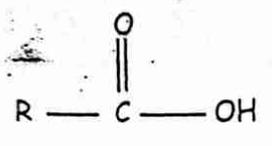
C)



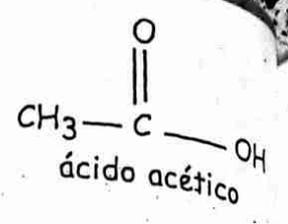
# COMPUESTOS Y GRUPOS FUNCIONALES ORGÁNICOS COMUNES

Clase de compuestos	Estructura general	Grupo Funcional	Ejemplo
alcanos	$R-H$	ninguno	$CH_3CH_2CH_2CH_3$ butano
Halogenuros de alquilo	$R-X$	$X = F, Cl, Br \text{ o } I$	$CH_3CH_2CH_2Cl$ 1 cloropropano
alquenos	$R-CH=CH-R$	doble enlace carbono - carbono	$CH_3CH_2-CH=CH_2$ 1- buteno
alquinos	$R-C\equiv C-R$	triple enlaces\ carbono - carbono	$CH_3-C\equiv C-CH_3$ 2- butino
compuestos aromáticos		anillo de benceno	 benceno
alcoholes	$R-OH$	grupo hidroxilo	$CH_3CH_2OH$ etanol
fenoles	$Ar-OH$	grupo hidroxilo en anillo aromático	 fenol
tiolos	$R-SH$	grupo sulfhidrilo	$CH_3-SH$ metanotiol
éteres	$R-O-R$	oxígeno entre dos grupo alquilo	$CH_3CH_2-O-CH_2CH_3$ éter dietílico
etonas	$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-R$	grupo carbonilo	$CH_3-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-CH_3$ acetona
dehídos	$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-H$	grupo carbonilo	$CH_3CH_2-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-H$ propanal

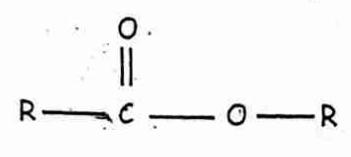
ácidos carboxílicos



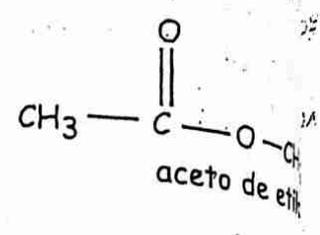
grupo carboxilo



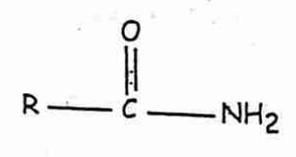
ésteres



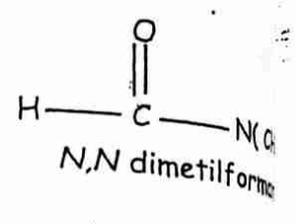
grupo carboalcoxi



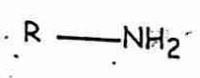
amidas



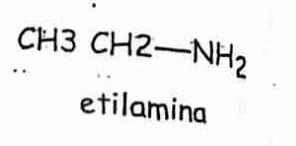
grupo carboxamida



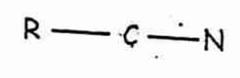
aminas



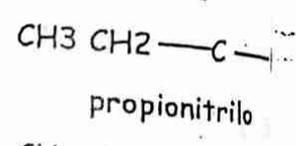
grupo amina



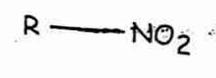
nitrilos



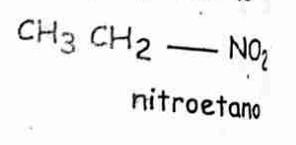
grupo ciano



nitroalcanos



grupo nitro



# QUÍMICA ORGÁNICA

1) LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS SON SUSTANCIAS DERIVADAS DEL ÁTOMO DE CARBONO, EL CUAL NORMALMENTE ACTÚA GENERANDO CUATRO ENLACES COMO MÁXIMO ...

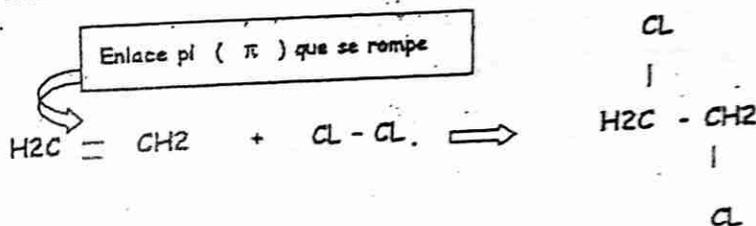
2) CUANDO EL CARBONO SE UNE EXCLUSIVAMENTE AL HIDRÓGENO ORIGINA COMPUESTOS DENOMINADOS HIDROCARBUROS LOS CUALES SE CLASIFICAN COMO :

A) **ALCANOS** : SI ES QUE LOS ÁTOMOS DE CARBONO SE ACOPLAN ENTRE SÍ A TRAVÉS DE UN SIMPLE ENLACE ... ESTA UNIÓN CARBONO - CARBONO SE DENOMINA ENLACE SIGMA Y SE GENERA CUANDO SE SOLAPAN ( MEZCLAN ) ORBITALES DEL TIPO  $sp^3 - sp^3$ , EN FORMA LINEAL EN EL ESPACIO

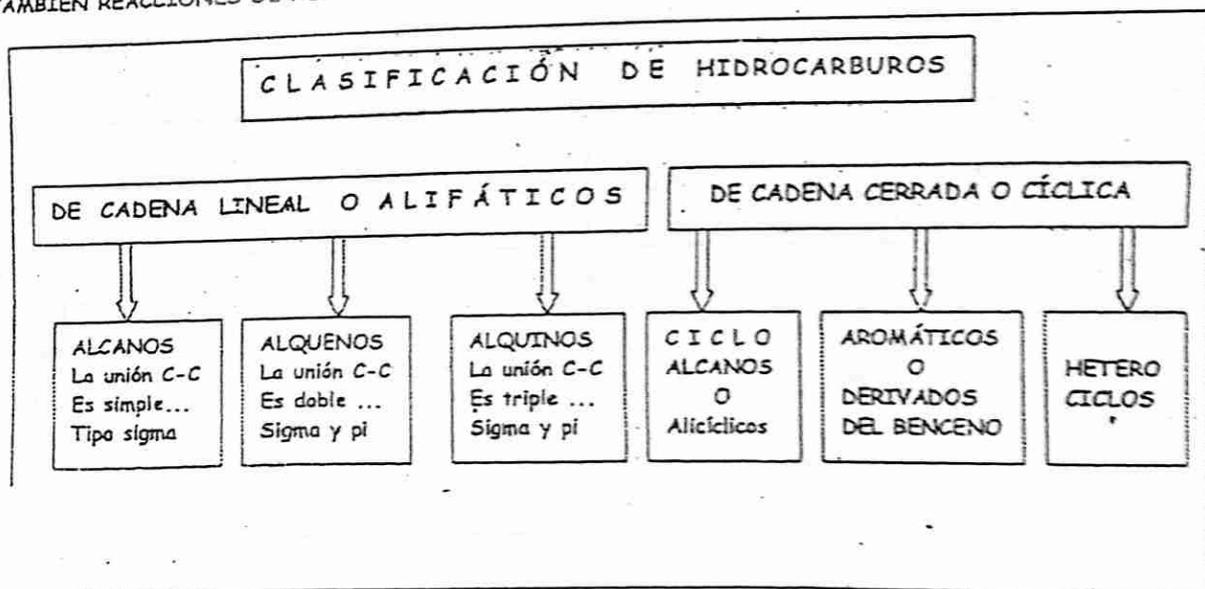
B) **ALQUENOS** : SON AQUELLOS HIDROCARBUROS QUE SE CARACTERIZAN POR TENER COMO MÍNIMO UN DOBLE ENLACE CARBONO - CARBONO EN LA MOLÉCULA :

- UNO DE LOS ENLACES SE DENOMINA SIGMA Y SE LOGRA AL ACOPLARSE UN ORBITAL  $sp^2$  DE UN CARBONO CON OTRO  $sp^2$  DEL OTRO CARBONO

- EL OTRO ENLACE SE DENOMINA PI ( $\pi$ ) Y SE PRODUCE AL UNIRSE DOS ORBITALES "P" PUROS PARALELOS ENTRE SÍ. ESTE ENLACE PI ( $\pi$ ) ES SUMAMENTE INESTABLE, YA QUE UNA ROTACIÓN DE LOS CARBONOS ALREDEDOR DEL ENLACE DESTRUIRÁ EL PARALELISMO "P - P" Y SE ROMPERÍA LA UNIÓN PI ( $\pi$ ). LUEGO VEREMOS QUE LOS ALQUENOS PRODUCEN REACCIONES DE ADICIÓN CUANDO AL ROMPERSE EL ENLACE PI ADICIONAN UNA MOLÉCULA COMPLETA :



C) **ALQUINOS** : ESTE TIPO DE HIDROCARBUROS SE CARACTERIZA POR UN TRIPLE ENLACE ENTRE CARBONOS, CUMPLIÉNDOSE SIEMPRE QUE UNA DE LAS LIGADURAS ES DEL TIPO SIGMA  $sp-sp$  Y LAS DOS RESTANTES SON DEL TIPO  $\pi$ . AL IGUAL QUE LOS ALQUENOS, LOS ALQUINOS DAN TAMBIÉN REACCIONES DE ADICIÓN DE MOLÉCULAS CUANDO SE ROMPE EL PARALELISMO "P CON P".



CITAREMOS ALGUNOS EJEMPLOS DE COMPUESTOS DE CADENA ABIERTA  
 FAMILIARIZARNOS CON LA NOMENCLATURA TRADICIONAL Y LA DENOMINADA IUPAC

ALCANOS

FÓRMULA SEMIDESARROLLADA	FÓRMULA MOLECULAR $C_n H_{(2n+2)}$	NOMENCLATURA
CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	METANO
CH <sub>3</sub> - CH <sub>3</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	ETANO
CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	PROPANO
CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	BUTANO
CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>3</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	PENTANO

ALQUENOS

FÓRMULA SEMIDESARROLLADA	FÓRMULA MOLECULAR $C_n H_{2n}$	NOMENCLATURA
H <sub>2</sub> C = CH <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	ETENO O VINILO
H <sub>3</sub> C - CH = CH <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	PROPENO
H <sub>3</sub> C - CH <sub>2</sub> - CH = CH <sub>2</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	1 BUTENO
H <sub>3</sub> C - CH = CH - CH <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	2 BUTENO

ALQUINOS

FÓRMULA SEMIDESARROLLADA	FÓRMULA MOLECULAR $C_n H_{(2n-2)}$	NOMENCLATURA
HC ≡ CH	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	ETINO
H <sub>3</sub> C - C ≡ CH	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub>	PROPINO
H <sub>3</sub> C - CH <sub>2</sub> - C ≡ CH	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	1 BUTINO
H <sub>3</sub> C - C ≡ C - CH <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	2 BUTINO

LOS ÁTOMOS QUE CONSTITUYAN EL ANILLO :

A) **LOS HOMOCÍCLICOS** SON AQUELLOS DONDE SÓLO SON ÁTOMOS DE CARBONO LOS QUE CONSTITUYEN LA CADENA DEL ANILLO, PUDIENDO DIFERENCIARLOS COMO :

- **AROMÁTICOS** : SI ES QUE SU ESTRUCTURA SE DERIVA DEL BENCENO O BIEN DE ANILLOS DONDE LOS DOBLES ENLACES  $\pi$  ( $\pi$ ) SE ENCUENTRAN DESLOCALIZADOS ENTRE TRES Ó MÁS ÁTOMOS DE CARBONO :



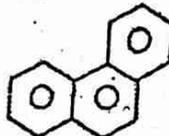
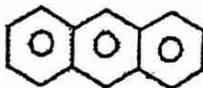
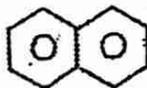
BENCENO



BENCENO



BENCENO



- LOS SEIS ELECTRONES  $\pi$  DEL BENCENO SE ENCUENTRAN DESLOCALIZADOS A TRAVÉS DE LOS SEIS ÁTOMOS DE CARBONO, FORMANDO UNA RESONANCIA DE ELECTRONES, RAZÓN POR LA CUAL NO SE ENCUENTRAN FIJOS EN EL ESPACIO ...
- ESTO IMPLICA QUE NO PODEMOS COLOCAR LAS DOBLES LIGADURAS ENTRE DOS CARBONOS, YA QUE ÉSTA SE ENCUENTRA DESLOCALIZADA GENERANDO UN ANILLO CIRCULAR ALREDEDOR DE TODA LA MOLÉCULA POR LO QUE A LOS SEIS ELECTRONES SE LOS REPRESENTA CON UN CÍRCULO INTERIOR ...
- **ALICÍCLICOS** : SON COMPUESTOS CÍCLICOS NO DERIVADOS DEL BENCENO, ES DECIR ANILLOS EN DONDE O NO EXISTEN DOBLES LIGADURAS, O BIEN SI EXISTEN, NO SE ENCUENTRAN DESLOCALIZADAS ENTRE DOS Ó MÁS CARBONOS ...



CICLO PROPANO



CICLO BUTANO

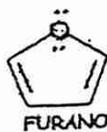


CICLO PENTANO



CICLO HEXANO

B) **LOS HETEROCÍCLICOS**, SON ANILLOS QUE PRESENTAN NO SÓLO ÁTOMOS DE CARBONO EN SU ESTRUCTURA, SINO QUE ADEMÁS INCLUYEN ÁTOMOS DE OXÍGENO, AZUFRE Ó NITRÓGENO ... SON MUY IMPORTANTES YA QUE SE ENCUENTRAN DIFUNDIDOS EN VITAMINAS ; ALCALOIDES ; ÁCIDOS NUCLEICOS ; GLÚCIDOS ; ETC ... PUEDEN SER O NO AROMÁTICOS .



FURANO



TIOFENO



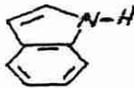
PIRROL



PIRIDINA



PIRIMIDINA



INDOL



QUINOLEÍNA

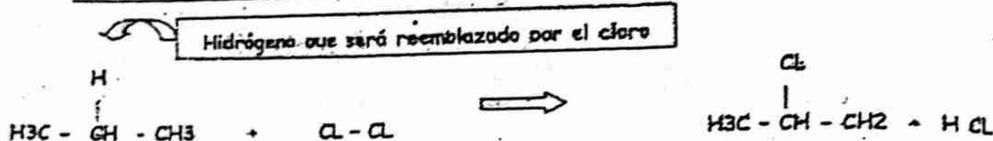
Prof. EXEQUIEL DI TOFINO  
QUÍMICO BROMATÓLOGO  
M.P. D-036 - U.N.C.

# COMPORTAMIENTO QUÍMICO DE LOS HIDROCARBUROS

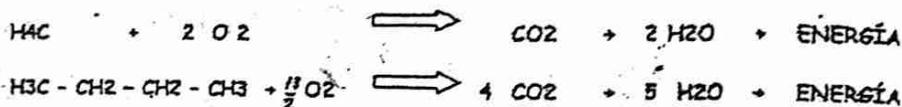
## ALCANOS

- 1) LOS ALCANOS SON HIDROCARBUROS EN DONDE TODOS LOS ÁTOMOS DE CARBONO TIENEN HIBRIDACIÓN DEL TIPO  $sp^3$ , CON ÁNGULOS DE ENLACE DE  $109^{\circ} 28' 15''$ .
- 2) SUS ENLACES SON SIMPLES DEL TIPO SIGMA Y POR LO TANTO SON FUERTES Y ESTABLES, RAZÓN POR LA CUAL LAS REACCIONES QUE TIENDEN A PRODUCIR SON:

- DE SUSTITUCIÓN DE ÁTOMOS DE HIDRÓGENO POR ÁTOMOS DE HALÓGENOS:



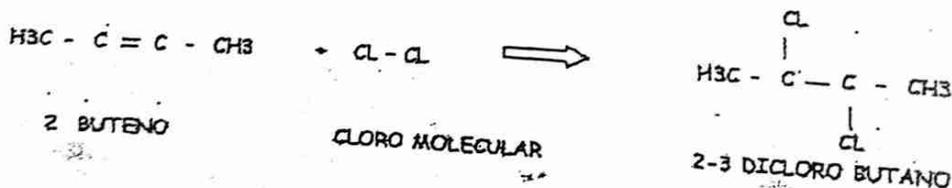
- O BIEN ORIGINAN REACCIONES DEL TIPO DE COMBUSTIÓN EN DONDE LOS PRODUCTOS DE UNA COMBUSTIÓN ESPONTÁNEA Y COMPLETA PRODUCE  $\text{CO}_2$  Y  $\text{H}_2\text{O}$ :



## ALQUENOS

- 1) LOS ALQUENOS SE CARACTERIZAN POR PRESENTAR COMO MÍNIMO DOS ÁTOMOS DE CARBONO UNIDOS ENTRE SÍ POR UNA DOBLE LIGADURA, EN DONDE LA HIBRIDACIÓN DE LOS CARBONOS ES DEL TIPO  $sp^2$ ...

- 2) UNO DE LOS ENLACES ES DEL TIPO SIGMA  $sp^2 - sp^2$ , LINEAL Y POR LO TANTO FUERTE; EL RESTANTE ENLACE ES DEL TIPO  $\pi$ , EL CUAL POR UNA SIMPLE TORSIÓN O POR UN IMPACTO CON OTRA MOLÉCULA ROMPERÁ SU PARALELISMO  $p - p$  Y SE DESTRUIRÁ EL DOBLE ENLACE PERMITIENDO QUE EL ALQUENO GENERE UNA REACCIÓN DE ADICIÓN INTRODUCIENDO DOS ÁTOMOS DENTRO DE LA CADENA:



- 3) LOS ALQUENOS AL IGUAL QUE LOS ALCANOS ORIGINAN TAMBIÉN PROCESOS DE COMBUSTIÓN, PROVOCANDO  $\text{CO}_2$  Y AGUA:



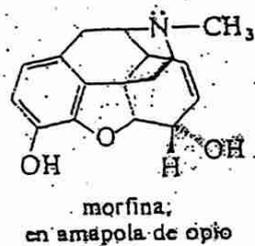
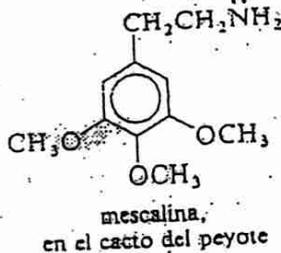
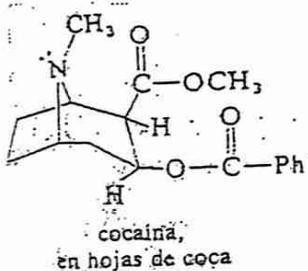
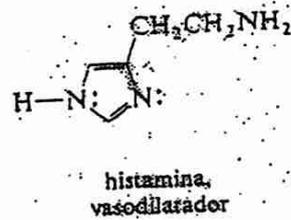
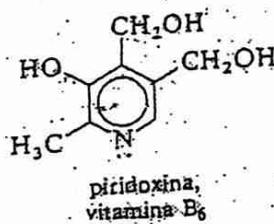
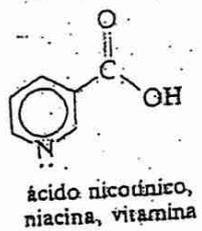
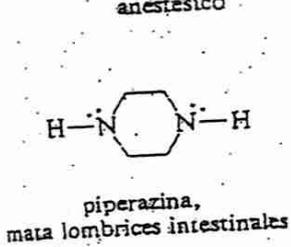
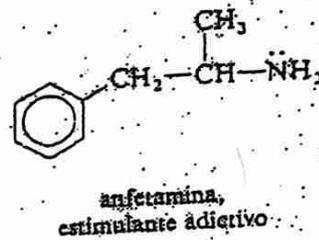
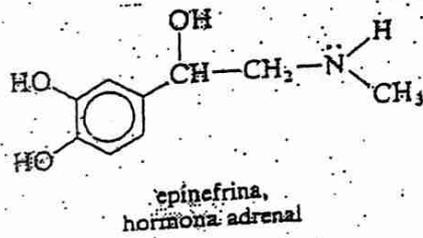
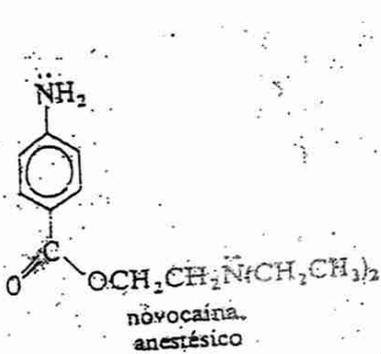
## ALQUINOS

- 1) LOS ALQUINOS PRESENTAN UNA TRIPLE LIGADURA CARBONO - CARBONO CON HIBRIDACIÓN DEL TIPO  $sp - sp$  CON ÁNGULOS DE  $180^{\circ}$ ... UNO DE LOS ENLACES ES DEL TIPO SIGMA  $sp - sp$  Y LOS DOS RESTANTES SON DEL TIPO  $\pi$  ( $\pi$ ).

- 2) ESTO PERMITE ENTENDER PORQUÉ LOS ALQUINOS, AL IGUAL QUE LOS ALQUENOS TAMBIÉN DAN REACCIONES DE ADICIÓN DE MOLÉCULAS Y PROCESOS DE COMBUSTIÓN

# REACCIONES DE LOS ALCOHOLES CON AMONIACO

- CUANDO LOS ALCOHOLES REACCIONAN CON EL AMONIACO SE PRODUCEN AMINAS QUE COMPREDEN ALGUNOS DE LOS COMPUESTOS BIOLÓGICOS MÁS IMPORTANTES, TALES COMO BIO - REGULADORES ; NEUROTRANSMISORES ; MECANISMOS DE DEFENSA ... ADEMÁS FORMAN PARTE DE COMPUESTOS FARMACOLÓGICOS COMO :  
LA NOVOCAÍNA QUE ES UN PODEROSO ANESTÉSICO
- LA EPINEFRINA QUE ES UNA HORMONA ADRENAL
- LA ANFETAMINA QUE ES UN ESTIMULANTE ADICTIVO
- LAS VITAMINAS , QUE SON SUSTANCIAS ACTIVAS DENTRO DE NUESTRO ORGANISMO YA QUE EN MUY BAJAS DOSIS GENERAN ACCIONES BIO QUÍMICAS DE GRAN IMPORTANCIA ; EL COMPLEJO VITAMÍNICO B DE ACCIÓN DIRECTA EN PROCESOS DE SÍNTESIS DE ALFA AMINOÁCIDOS ; EN LA ACCIÓN ANTINEURÍTICA Y DE FATIGA CRÓNICA ...
- LOS ALCALOIDES , QUE SON SINTETIZADOS POR ALGUNAS PLANTAS Y QUE SI BIEN SE UTILIZAN EN MEDICINA EN BAJAS DOSIS COMO ANALGÉSICOS , TODOS SON TÓXICOS CAUSANDO LA MUERTE SI SE INGIEREN EN FORMA PERMANENTE Y EN ALTAS DOSIS ; COMO EJEMPLO TENEMOS A LA MORFINA , CODEÍNA ; COCAÍNA ; NICOTINA Mescalina ; QUININA ; ETC ...



Prof. EXEQUIEL DI TOFINO  
QUÍMICO BROMATÓLOGO  
M.P. D-036 - U.N.C.

# ISOMERÍA DE COMPUESTOS ORGÁNICOS

1) LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS PRESENTAN LA PROPIEDAD DE ASUMIR UNA MISMA FÓRMULA MOLECULAR PARA SUSTANCIAS DIFERENTES, POR EJEMPLO, LA 3 PENTANONA Y EL PENTANAL TIENEN LA FÓRMULA MOLECULAR  $C_5H_{10}O$ , SIN EMBARGO SU COMPORTAMIENTO QUÍMICO Y SUS PROPIEDADES FÍSICAS SON DIFERENTES:

$\begin{array}{c} O \\    \\ H_3C - CH_2 - C - CH_2 - CH_3 \\ 3 \text{ PENTANONA} \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ // \\ CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - C \\ \backslash \\ H \\ \text{PENTANAL} \end{array}$	<p>Formula molecular para ambos compuestos</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>C</td> <td>H</td> <td>O</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>10</td> <td></td> </tr> </table>	C	H	O	5	10	
C	H	O						
5	10							

2) ESTA PROPIEDAD NOS PERMITE ENUNCIAR EL CONCEPTO DE ISÓMEROS, COMO AQUELLOS COMPUESTOS QUE SI BIEN PRESENTAN IGUAL FÓRMULA MOLECULAR, DIFIEREN EN SU ESTRUCTURA QUÍMICA, ASUMIENDO DISTINTAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS...

LA ISOMERÍA SE PUEDE CLASIFICAR COMO PLANA O ESPACIAL...

\* EN LA PRIMERA DE ELLAS ES POSIBLE IDENTIFICAR EL PORQUÉ DE LA ISOMERÍA CON SÓLO RECURRIR A UN PLANO DEL ESPACIO,

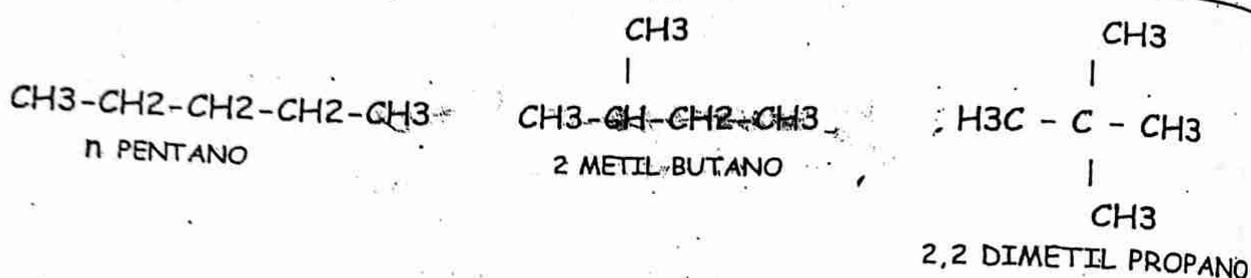
\* EN TANTO QUE LA ISOMERÍA ESPACIAL O ESTÉREO - ISOMERÍA EXIGE DIBUJAR LA MOLÉCULA EN LAS TRES DIMENSIONES ESPACIALES PARA INTERPRETAR EL PORQUÉ DE LAS DIFERENCIAS ESTRUCTURALES...

# ISOMERÍA PLANA

3) COMENZAREMOS DESARROLLANDO LA ISOMERÍA PLANA ASUMIENDO QUE  
PODEMOS DIFERENCIAR COMO :

- ISOMERÍA DE CADENA
- ISOMERÍA DE POSICIÓN
- ISOMERÍA DE FUNCIÓN

## ISOMERÍA PLANA DE CADENA



SI OBSERVAMOS ESTOS TRES COMPUESTOS VEREMOS QUE TIENEN LA MISMA FÓRMULA  
MOLECULAR, C<sub>5</sub> H<sub>12</sub> ; NO OBSTANTE EN SU CADENA CARBONADA EXISTEN DISTINTAS  
DISTRIBUCIONES ESPACIALES :

- EL n - PENTANO TIENE UNA CADENA LINEAL DE CINCO CARBONOS SIN RAMIFICACIONES ...
- EL 2 METIL BUTANO TIENE CUATRO CARBONOS EN SU CADENA PRINCIPAL Y UN GRUPO METILO COMO RAMIFICACIÓN ...
- EL 2,2, DIMETIL PROPANO TIENE SÓLO TRES CARBONOS EN SU CADENA PRINCIPAL Y DOS GRUPOS METILO COMO RAMIFICACIONES DE LA MISMA ...

PODEMOS CONCLUIR ENTONCES QUE LA ISOMERÍA DE CADENA SE MANIFIESTA  
PRINCIPALMENTE EN HIDROCARBUROS Y SE CARACTERIZA PORQUE LOS ÁTOMOS DE  
CARBONO ASUMEN DISTINTAS DISTRIBUCIONES DENTRO DE LA CADENA CARBONADA...

C O M P U E S T O S		FÓRMULA MOLECULAR
$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C-CH}_2\text{-CH}_3 \\ \text{3 pentanona} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-C-CH}_3 \\ \text{2 pentanona} \end{array}$	$\begin{array}{ccc} \text{C} & \text{H} & \text{O} \\ 5 & 10 & \end{array}$
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-O-H}$ 1 propanol	$\begin{array}{c} \text{O-H} \\   \\ \text{CH}_3\text{-C-CH}_3 \\   \\ \text{H} \\ \text{2 propanol} \end{array}$	$\begin{array}{ccc} \text{C} & \text{H} & \text{O} \\ 3 & 8 & \end{array}$
$\text{CH}_3\text{-CH}=\text{CH-CH}_3$ 2 buteno	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}=\text{CH}_2$ 1 buteno	$\begin{array}{ccc} \text{C} & \text{H} \\ 4 & 8 \end{array}$

SI OBSERVAMOS LOS EJEMPLOS ANTERIORES VEREMOS QUE LAS CONDICIONES FUNDAMENTALES PARA QUE SE CUMPLA LA ISOMERÍA PLANA DE POSICIÓN SON :

- QUE LOS COMPUESTOS ASUMAN IDÉNTICA FÓRMULA MOLECULAR
- QUE PRESENTEN IDÉNTICOS GRUPOS FUNCIONALES
- QUE ESTOS GRUPOS FUNCIONALES SE UBIQUEN EN DISTINTAS POSICIONES DENTRO DE LA CADENA CARBONADA

ASÍ POR EJEMPLO LOS COMPUESTOS A Y B TIENEN IGUAL FÓRMULA MOLECULAR ; AMBOS SON CETONAS , PERO PRESENTAN AL GRUPO FUNCIONAL CARBONILO EN DISTINTAS POSICIONES DENTRO DE LA CADENA PRINCIPAL ... EN EL COMPUESTO " A " LO ENCONTRAMOS EN EL CARBONO NÚMERO 3 ; EN TANTO QUE EN EL COMPUESTO " B " LO ENCONTRAMOS SITUADO EN EL SEGUNDO CARBONO ...

ALGO SIMILAR OCURRE ENTRE LOS COMPUESTOS C Y D , EN DONDE ADEMÁS DE PRESENTAR IGUAL FÓRMULA MOLECULAR , AMBAS SUSTANCIAS SON ALCOHOLES , PERO UNO DE ELLOS ES UN ALCOHOL PRIMARIO ( EL COMPUESTO C ) Y EL OTRO ES UN ALCOHOL SECUNDARIO ( EL COMPUESTO D ) ...

LOS ÚLTIMOS DOS EJEMPLOS NOS MUESTRAN QUE LOS ALQUENOS Y LOS ALQUINOS TAMBIÉN PRESENTARÁN ISOMERÍA DE POSICIÓN SI LA INSATURACIÓN SE UBICA EN DISTINTOS LUGARES DE LA CADENA CARBONADA ...

ISOMERÍA PLANA DE FUNCIÓN		
C O M P U E S T O S		FÓRMULA MOLECULAR
$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{A) CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \\ \text{propanona} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{B) CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} \\   \\ \text{H} \\ \text{propanal} \end{array}$	$\begin{array}{ccc} \text{C} & \text{H} & \text{O} \\ & 3 & 6 \end{array}$
$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{C) CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{O} - \text{CH}_3 \\ \text{Propanoato de metilo} \\ \text{(químicamente un éster)} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{D) CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{O} - \text{H} \\ \text{ácido butanoico} \\ \text{(químicamente un ácido orgánico)} \end{array}$	$\begin{array}{ccc} \text{C} & \text{H} & \text{O} \\ 4 & 8 & 2 \end{array}$

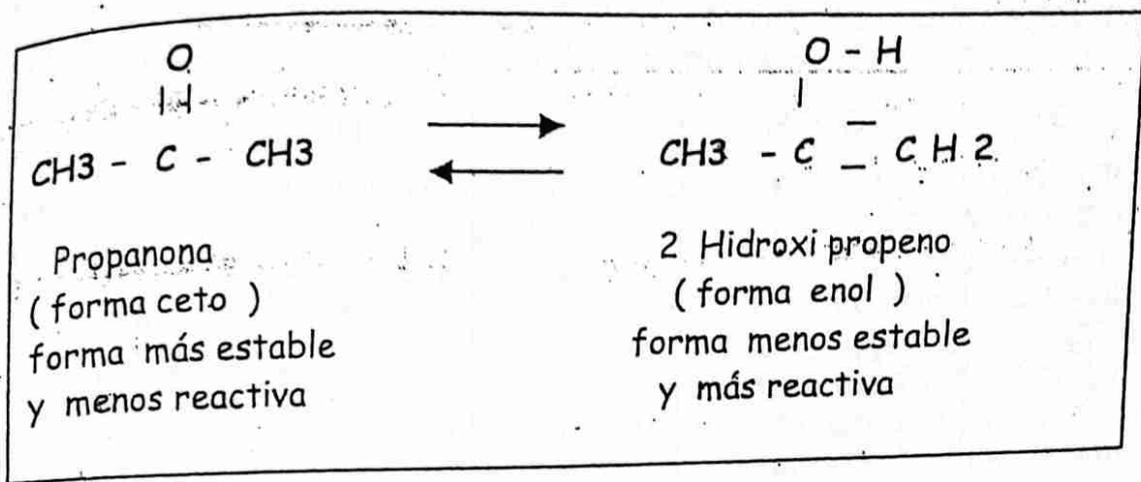
ANALIZANDO ESTOS CUATRO EJEMPLOS VEMOS QUE LOS DOS PRIMEROS COMPUESTOS SI BIEN TIENEN IDÉNTICA FÓRMULA MOLECULAR, PRESENTAN GRUPOS FUNCIONALES DISTINTOS; UNO DE ELLOS ES UNA CETONA Y EL OTRO ES UN ALDEHIDO, CON PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS DIFERENTES ENTRE SÍ ...

ALGO SIMILAR OCURRE ENTRE LOS COMPUESTOS C Y D EN DONDE LAS FÓRMULAS MOLECULARES SON IGUALES PERO UNO DE ELLOS SE COMPORTA CON LAS PROPIEDADES DE UN ÉSTER Y EL OTRO COMPUESTO CON TODAS LAS CARACTERÍSTICAS DE UN ÁCIDO CARBOXÍLICO ...

PODEMOS CONCLUIR ENTONCES QUE LA ISOMERÍA PLANA DE FUNCIÓN EXIGE QUE LOS COMPUESTOS PRESENTEN:

- IDÉNTICA FÓRMULA MOLECULAR
- DISTINTOS GRUPOS FUNCIONALES.

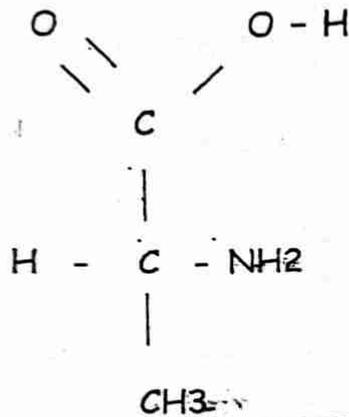
MEDIOS ÁCIDOS O BÁSICOS PRODUCEN UN ESTADO DE EQUILIBRIO CON UNA SUSTANCIA QUE PRESENTA UN GRUPO ALQUENO Y UN GRUPO ALCOHOL (UN ENOL )



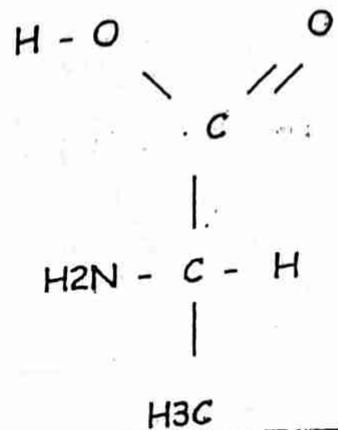
## ISOMERÍA ESPACIAL

- 1) A DIFERENCIA DE LA ISOMERÍA PLANA , LA ESPACIAL O ESTÉREO - ISOMERÍA EXIGE EL EMPLEO DE LOS TRES EJES DEL ESPACIO PARA ASUMIR LA DIFERENCIA ESTRUCTURAL ENTRE DOS O MÁS SUSTANCIAS ...
- 2) LA ISOMERÍA ESPACIAL O ESTÉREO ISOMERÍA SE PUEDE CLASIFICAR DE DOS FORMAS :
  - ISOMERÍA ÓPTICA : QUE SE PRESENTA EN AQUELLOS COMPUESTOS ORGÁNICOS EN DONDE EXISTEN CENTROS QUIRALES O ASIMÉTRICOS , ES DECIR EN COMPUESTOS DONDE COMO MÍNIMO UN ÁTOMO DE CARBONO SE HA UNIDO A CUATRO ÁTOMOS O GRUPOS ATÓMICOS DIFERENTES ENTRE SÍ ...
  - ISOMERÍA GEOMÉTRICA : QUE ES CARACTERÍSTICA DE LOS ALQUENOS , Y COMPUESTOS CÍCLICOS EN DONDE LAS MOLÉCULAS PRESENTAN IDÉNTICA FÓRMULA MOLECULAR , PERO DIFIEREN EN LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS GRUPOS SUSTITUYENTES ; NORMALMENTE SE LA RECONOCE POR LOS TÉRMINOS CIS Y TRANS ASIGNADO A AQUELLOS COMPUESTOS QUE TIENEN ESOS GRUPOS ATÓMICOS DE UN MISMO LADO DEL PLANO O BIEN EN PLANOS CONTRARIOS RESPECTIVAMENTE ...

Prof. EXEQUIEL DI TOFINO  
QUÍMICO BROMATÓLOGO  
M.P. D-036 - U.N.C.



ÁCIDO 2 AMINO PROPANOICO  
O ALANINA (alfa amino ácido)  
( COMPUESTO A )



ÁCIDO 2 AMINO PROPANOICO  
O ALANINA (alfa amino ácido)  
( COMPUESTO B )

AMBOS SON IMÁGENES ESPECULARES NO SUPERPONIBLES Y SE DICEN QUE SON ENANTIÓMEROS, ENANTIOMORFOS O ANTIPODAS ÓPTICAS ...

SI OBSERVAMOS LAS ESTRUCTURAS "A" Y "B" DE LA ALANINA PODEMOS DEDUCIR APARENTEMENTE SON UNA MISMA MOLÉCULA, SÓLO QUE HABIENDO ROTADO UNA RESPECTO A LA OTRA EN EL ESPACIO ...

SIN EMBARGO, SON SUSTANCIAS QUE SI BIEN PRESENTAN TODAS SUS PROPIEDADES QUÍMICAS IDÉNTICAS, REACCIONANDO DE IGUAL FORMA FRENTE A TODO TIPO DE REACTIVOS, MANIFESTANDO ADEMÁS IDÉNTICAS PROPIEDADES FÍSICAS, DESDE EL PUNTO DE VISTA BIOLÓGICO SÓLO UNA DE ELLAS FORMA PARTE DE LAS PROTEÍNAS HUMANAS. EN BIOLOGÍA SE HA DESARROLLADO QUE LAS PROTEÍNAS SON MACROMOLÉCULAS POLÍMEROS CONSTITUIDOS POR LA UNIÓN PEPTÍDICA DE ALFA AMINOÁCIDOS DE LA SERIE "L" EXCLUSIVAMENTE; ESTO SÓLO LO CUMPLE LA MOLÉCULA "B" EN DONDE SU CARBÓN NÚMERO DOS, POR ESTAR UNIDO A CUATRO GRUPOS ATÓMICOS DIFERENTES, CREA UN CENTRO DE ASIMETRÍA EN EL INTERIOR DE LA MOLÉCULA DENOMINADO CENTRO QUIRAL TAL MANERA QUE :

- SI EL GRUPO AMINO SE DIBUJA A LA DERECHA, SE DICE QUE EL COMPUESTO PERTENECE A LA SERIE "D" ...

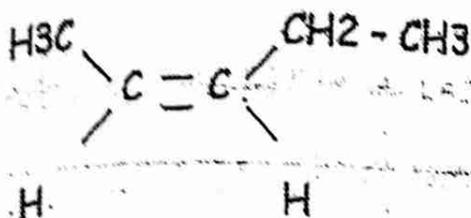
SUSTANCIA ES DE LA SERIE " L "

BIOLÓGICAMENTE LAS ENZIMAS PRESENTES EN NUESTRO CUERPO SÓLO PUEDEN ACOPLARSE PARA METABOLIZAR A LAS PROTEÍNAS QUE ESTÉN CONSTITUIDAS EXCLUSIVAMENTE POR ALFA AMINO ÁCIDOS DE LA SERIE " L "...

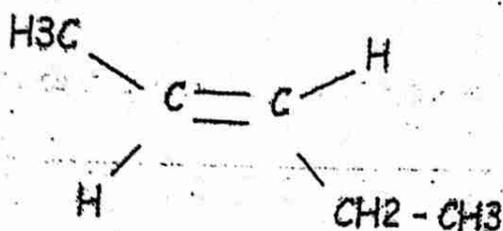
ESTO NOS MUESTRA QUE LOS COMPUESTOS A Y B APARENTAN SER UNA MISMA SUSTANCIA , PERO NO LO SON ... ES COMO COLOCAR UN ZAPATO DE PIE IZQUIERDO FRENTE A UN ESPEJO EL CUAL NOS DEVOLVERÁ LA IMAGEN DE UN ZAPATO DE PIE DERECHO ... NO OBSTANTE NO ES MUY CÓMODO INTRODUCIR EL PIE IZQUIERDO EN UN ZAPATO DERECHO Y VICEVERSA ... EL ACOPLAMIENTO DE PIES CRUZADOS NO ES PERFECTO , ES NECESARIO INTRODUCIR EL PIE IZQUIERDO EN EL ZAPATO IZQUIERDO COMO LO ES LA ENZIMA BIOLÓGICA CON EL ALFA AMINO ÁCIDO DE LA SERIE L , COMPATIBLE ESTRUCTURALMENTE CON LA MISMA

EN LOS SISTEMAS VIVIENTES , LAS ENZIMAS SON QUIRALES SIENDO CAPACES DE DISTINGUIR UN ENANTIÓMERO DE OTRO ... POR LO GENERAL SÓLO UNO DE LOS ENANTIÓMEROS DEL PAR PUEDE AJUSTAR CORRECTAMENTE EN EL SITIO ACTIVO QUIRAL DE UNA ENZIMA .

UN EJEMPLO DE ESTO ES LA FORMA LEVO-ROTATORIA DE LA EPINEFRINA QUE ES UNA HORMONA SECRETADA POR LA MÉDULA ADRENAL . CUANDO SE ADMINISTRA EPINEFRINA SINTÉTICA A UN PACIENTE , LA FORMA (-) LEVÓGIRA TIENE EL MISMO EFECTO ESTIMULANTE QUE LA HORMONA NATURAL . EN TANTO QUE LA FORMA DEXTRÓGIRA (+) CARECE DE EFECTO Y ES LIGERAMENTE TÓXICA ... EN EL SIGUIENTE EJEMPLO VEMOS SIMPLIFICADAMENTE CÓMO SÓLO EL ENANTIÓMERO (-) AJUSTA EN EL SITIO ACTIVO DE LA ENZIMA , EN TANTO QUE LA FORMA (+) NO AJUSTA EN LA ENZIMA , TAL COMO PODEMOS OBSERVAR EN EL SIGUIENTE ESQUEMA ILUSTRATIVO :

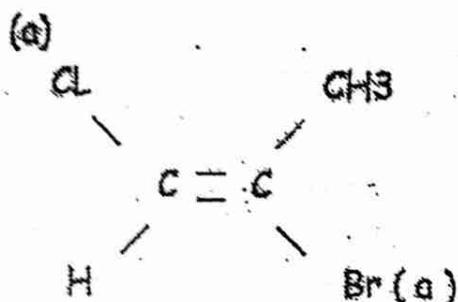


CIS 2 PENTENO

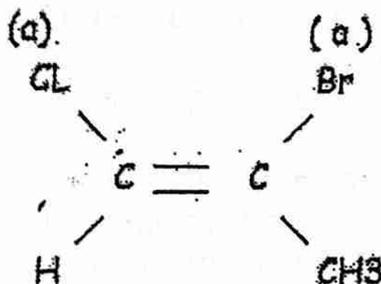


TRANS 2 PENTENO

Los sustituyentes son un grupo metilo y un grupo etilo químicamente distintos entre sí. No obstante es posible distinguir el isómero cis del trans según la disposición espacial de estos radicales orgánicos ...



TRANS Ó E 2 BROMO 1 CLORO PROPENO

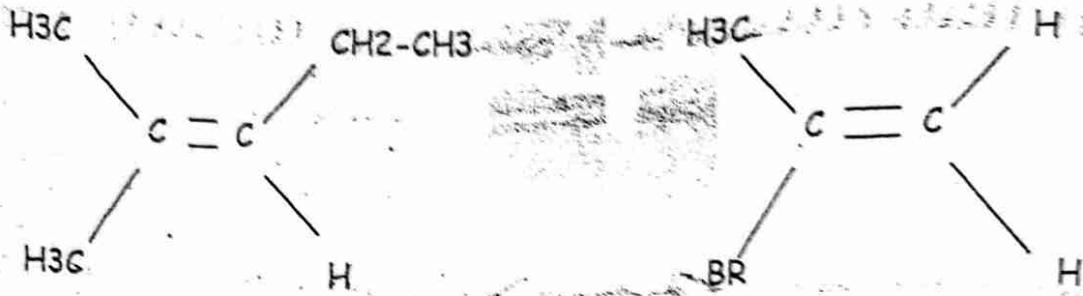


CIS Ó Z 2 BROMO 1 CLORO PROPENO

En estos dos compuestos vemos que en el carbono del doble enlace de la derecha existen dos sustituyentes: un grupo metilo y un átomo de bromo, en tanto que en el carbono de la izquierda el único sustituyente es un átomo de cloro, razón por la cual para poder definir cuál es el isómero cis o trans se aplica por convención la regla de CIPN -PRELÓ E INGOLD:

- consiste en asignar pesos a los átomos directamente unidos al carbono de cada insaturación, de tal manera que tiene prioridad el átomo de mayor peso asignándole la letra "a" y al más liviano, la letra "b".
- una vez asignadas las letras "a" y "b" se observa cómo quedan entre sí las letras "a" de un carbono, con la letra "a" del otro carbono ... si se estructuran del mismo lado del plano el compuesto será denominado cis ó "Z" y si están en distintos planos será denominado trans ó "E" ...
- en el carbono de la izquierda el cloro es más pesado que el hidrógeno por lo que lleva la letra "a" ... en el carbono de la derecha el bromo es más pesado que el carbono del grupo metilo por lo que se le asigna al bromo la letra "a" ...

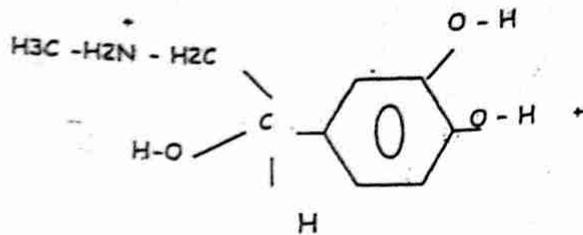
CASOS DE ALQUENOS DONDE NO EXISTE ISOMERÍA GEOMÉTRICA



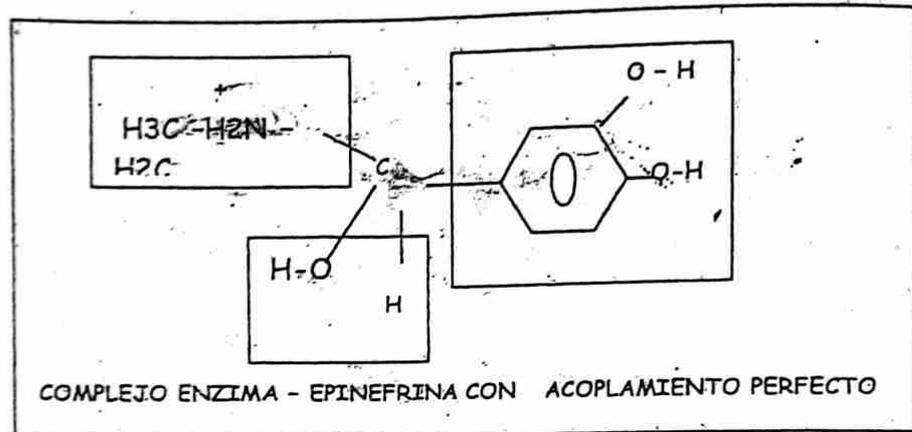
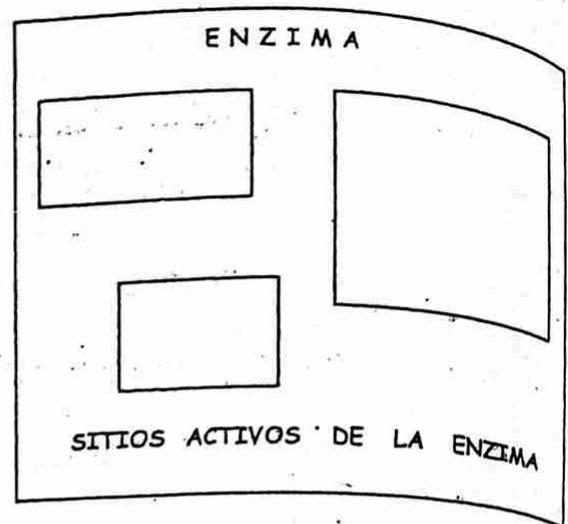
2 METIL 2 PENTENO

2 BROMO 1 PROPENO

- EL COMPUESTO 2 METIL 2 PENTENO NO TIENE ISOMERÍA NI CIS NI TRANS YA QUE EN EL CARBONO 2 DE LA INSATURACIÓN EXISTEN DOS GRUPOS METILOS, IDENTICOS ENTRE SÍ, SIENDO IMPOSIBLE DEFINIR CÓMO SE ESTRUCTURAN ESTOS GRUPOS METILO CON RESPECTO AL ETILO DEL CARBONO 3.
- EN EL 2 BROMO 1 PROPENO TAMPOCO TENDREMOS ISOMERÍA CIS O TRANS YA QUE EL CARBONO 1 TIENE UNIDOS A DOS ÁTOMOS DE HIDRÓGENO, SIN SUSTITUYENTES EN ESE CARBONO DE LA INSATURACIÓN ... DE ESTO DEDUCIMOS QUE CUALQUIER ALQUENO TERMINAL, EN DONDE LA INSATURACIÓN ESTÁ EN UN EXTREMO DE LA CADENA CARBONADA NO PRESENTARÁ ISOMERÍA GEOMÉTRICA...



(-) EPINEFRINA NATURAL

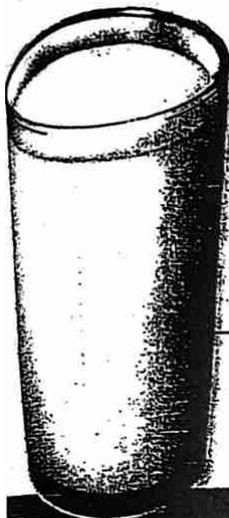


CUANDO SE COLOCA A LAS SUSTANCIAS A Y B DENTRO DE UN POLARIZADOR HABIÉNDOLE INCIDIR LUZ POLARIZADA, LA CUAL ES UN HAZ DE LUZ QUE VIBRA SÓLO EN UN PLANO DEL ESPACIO, SE PRODUCIRÁ UN DESVÍO DEL RAYO EN DISTINTAS DIRECCIONES ... UNA DE ELLAS DESVIARÁ EL HAZ HACIA LA DERECHA DEL PLANO DENOMINÁNDOLA POR ESTO SUSTANCIA DEXTRÓGIRA Y LA OTRA MOLÉCULA DESVIARÁ EL HAZ HACIA LA IZQUIERDA RECIBIENDO EL NOMBRE DE SUSTANCIA LEVÓGIRA ...

- ESTA PROPIEDAD DE PRODUCIR EL DESVÍO DEL HAZ EN DISTINTAS DIRECCIONES DENOMINA ACTIVIDAD ÓPTICA Y SÓLO LA PRODUCEN AQUELLAS MOLÉCULAS QUE TIENEN EN SU INTERIOR UN CARBONO QUIRAL O ASIMÉTRICO ... SI ESTO SUCEDE LAS MOLÉCULAS SE DESIGNAN COMO ISÓMEROS ÓPTICOS ; ENANTIÓMEROS
- PODEMOS ANALIZAR LAS SIGUIENTES SUSTANCIAS :

# 4

## Los hidratos de carbono



*Cuando acabamos de trabajar con la glucosa 1,6-difosfato continuamos con el otro cofactor [...]. En ese entonces los únicos nucleósidos solubles presentes en los tejidos que se conocían eran los ácidos adenílicos y el inosínico. Fue muy emocionante el día en que Caputto [un colaborador] llegó temprano con un ejemplar del Journal of Biological Chemistry, el cual mostraba el espectro de la uridina. Este era idéntico al de nuestro cofactor.*

*Luis Federico Leloir*

La lactosa es un azúcar muy abundante en la leche.



Luis Federico Leloir.

EN 1948 SE PUBLICÓ UN TRABAJO QUE DABA LOS PRIMEROS PASOS PARA EXPLICAR CÓMO LA LACTOSA, UN AZÚCAR MUY ABUNDANTE EN LA LECHE, PODÍA CONVERTIRSE EN GLUCOSA. ESA CONVERSIÓN ERA UNA "RUTA" METABÓLICA COMPLEJA, QUE INVOLUCRABA LA PARTICIPACIÓN DE UNA MOLÉCULA DE GLUCOSA FOSFATADA —LA GLUCOSA 1,6-DIFOSFATO— Y OTRA MUY MISTERIOSA, QUE RESULTÓ SER LA URIDINADIFOSFATO GLUCOSA (UDPG), CONFORMADA POR UN ÁCIDO NUCLEICO Y UN AZÚCAR. EL DESCUBRIMIENTO FUE REALIZADO POR EL MÉDICO Y BIOQUÍMICO ARGENTINO LUIS FEDERICO LELOIR (1906-1987), Y ESTA VÍA DE TRANSFORMACIÓN SE DENOMINÓ "VÍA LELOIR", POR LA CUAL RECIBIÓ EL PREMIO NOBEL EN 1970. FUE EL PRIMER TRABAJO RELACIONADO CON AZÚCARES UNIDOS A ÁCIDOS NUCLEICOS, Y EL COMIENZO DE UNA NUEVA ERA EN LA INVESTIGACIÓN SOBRE EL METABOLISMO.

A PARTIR DEL TRABAJO DE LELOIR Y SUS COLABORADORES, CIENTOS DE CIENTÍFICOS ALREDEDOR DEL MUNDO COMENZARON A ESTUDIAR LA FUNCIÓN DE OTROS AZÚCARES CON ÁCIDOS NUCLEICOS, Y A DESCUBRIR QUE ESTAS COMBINACIONES DE BIOMOLÉCULAS ESTABAN INVOLUCRADAS EN DECENAS DE PROCESOS METABÓLICOS FUNDAMENTALES.

### ACTIVIDADES

1. Juntate con uno o dos compañeros y discutan las siguientes preguntas:
  - a) ¿Qué son los azúcares y los nucleótidos en términos químicos?
  - b) ¿Por qué creen que es importante la ruta de conversión de la lactosa en glucosa?
  - c) ¿Qué otros científicos argentinos conocen que hayan ganado el Premio Nobel?

# Las biomoléculas

Así como todas las mesas de madera tienen distintas formas, colores y tamaños, pero están compuestas por el mismo material —madera—, todos los seres vivos estamos formados por los mismos componentes. Estos están presentes en una planta, un elefante y, desde luego, una persona (figura 4-1). Se los llama biomoléculas y se los puede clasificar en cuatro grandes categorías. ¿Sabés cuáles son? Son los hidratos de carbono, las proteínas, los lípidos y los ácidos nucleicos.

- ▶ Dentro de las células, los hidratos de carbono cumplen funciones muy importantes, como las energéticas y las estructurales. Están conformados por unidades o monómeros de tres a cinco átomos de carbono, que se unen y forman polímeros con masas moleculares desde muy pequeñas hasta enormes.
- ▶ Las proteínas también son polímeros, pero con funciones más complejas. Están asociados a la regulación del metabolismo —como las enzimas—, a la comunicación celular —como las hormonas—, a las funciones de sostén y muchas otras.
- ▶ Los lípidos, por su parte, tienen el rol central de conformar las membranas biológicas; no se trata de polímeros, sino de un conjunto de sustancias insolubles en agua, con estructura diversa.
- ▶ Finalmente, los ácidos nucleicos cumplen una función muy importante, que es la de almacenar la información genética de las células. Además, tienen un rol central en el metabolismo energético de las células —tal como veremos más adelante—, e intervienen en la función de muchas enzimas.

Pero ¿estas son las únicas moléculas? En realidad, no. Además de estos cuatro grupos de moléculas complejas, hay en nuestro organismo muchas otras que cumplen importantes funciones. Así, hay ciertos nucleótidos —que son ácidos nucleicos— con una modificación química, como el NAD y el FAD, que cumplen muchas tareas centrales en el metabolismo celular. Además, los hidratos de carbono pueden combinarse con las proteínas, para dar las glucoproteínas, o con los lípidos, para dar los glucolípidos. ¡Eso no es todo! En esta lista no podemos dejar de mencionar las vitaminas que intervienen en cientos de procesos biológicos. Sin olvidarnos de los minerales, que aunque no son biomoléculas forman parte de nuestro cuerpo (▶ **EL DETALLE**).

Todas estas moléculas y sustancias están disueltas en un solvente muy especial. ¿Sabés cuál es? ¡Claro! Es el agua. Se trata de una molécula pequeña, polar y no cargada que proporciona un medio ideal para todas las reacciones químicas que ocurren dentro de la célula.

Estas sustancias se encuentran en nuestros alimentos. Sin embargo, las células de nuestro organismo no aprovechan todas por igual.

Por esta razón, llamamos nutrientes a las moléculas y sustancias que incorporamos con la dieta y que contribuyen al crecimiento y el desarrollo de nuestro organismo, que son los hidratos de carbono, las proteínas, los lípidos, los minerales, las vitaminas y el agua.

EL DETALLE

## ¿Una salud de hierro?

Habitualmente, cuando hablamos del hierro, no pensamos en nuestro organismo. Sin embargo, los glóbulos rojos, la sangre y el oxígeno tienen mucho que ver con este metal. El hierro viaja unido a la hemoglobina contenida en los glóbulos rojos, que gracias a él pueden transportar oxígeno a todos nuestros tejidos. En la circulación, sin embargo, hay muchos átomos de hierro que no están unidos a la hemoglobina, sino que circulan por el torrente sanguíneo unidos a una proteína llamada transferrina. Originalmente se pensaba que esta proteína tenía únicamente una función de vehículo; sin embargo, cada año se descubren más funciones de la transferrina, por ejemplo, aquellas descritas por un grupo de investigadores de la Universidad de Buenos Aires. Este grupo ha demostrado que la apotransferrina —que es la transferrina sin el hierro unido— puede ayudar a recuperar a pacientes que han sufrido accidentes cerebrales y otras enfermedades.



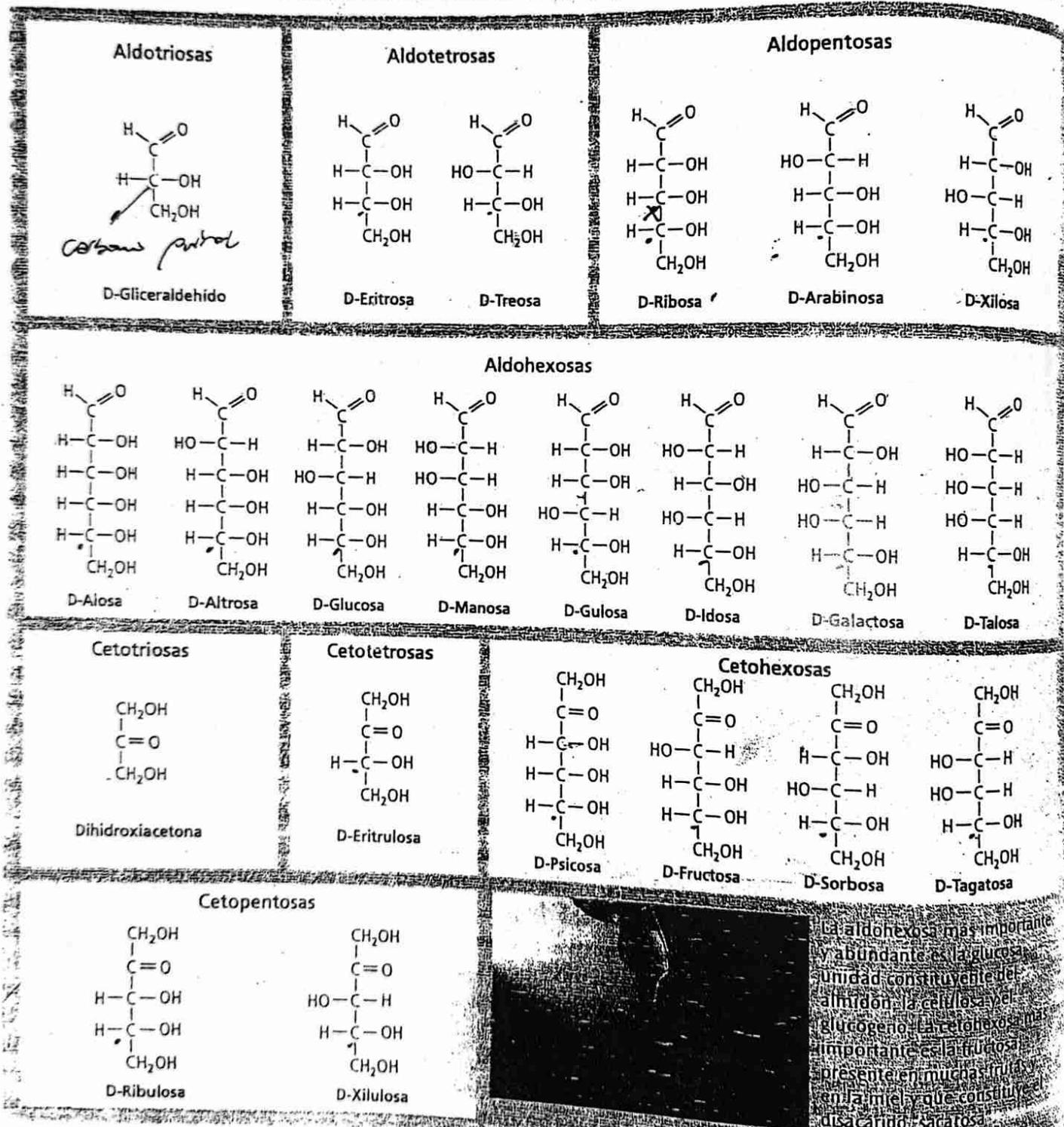
Fig. 4-1. Todos los seres vivos, como las rosas (A), los elefantes (B) y las personas (C), están compuestos por las mismas biomoléculas. Hasta los virus (D), que no son considerados seres vivos, están contruidos con los mismos "ladrillos".

(.) *Adyudo para señalar el carbono furac*

# Los monosacáridos y su clasificación

Los azúcares de los alimentos son, en general, una mezcla de monosacáridos y disacáridos. La fructosa abunda en las frutas y en la miel, donde también encontramos glucosa, y la sacarosa forma el azúcar refinado.

De acuerdo con su longitud, los monosacáridos pueden clasificarse en **triosas, tetrasas, pentosas y hexosas**. Uno de los átomos de carbono -denominado anomérico- forma un grupo carbonilo (C=O); los restantes llevan un hidroxilo (O-H). Si el carbonilo se halla en un extremo, el azúcar recibe el nombre de **aldosa**; si está en otra posición, es una **cetosa** (figura 4-3).



La aldohexosa más importante y abundante es la glucosa, una unidad constituyente del almidón, la celulosa y el glucógeno. La cetohexosa más importante es la fructosa, presente en muchas frutas y en la miel y que constituye el disacárido sacarosa.

Fig. 4-3. Clasificación de los monosacáridos.

# La estructura de los hidratos de carbono

¿Alguna vez te detuviste a pensar acerca de la gran importancia que tienen los hidratos de carbono en nuestra vida cotidiana? Para reflexionar sobre este tema, analizá las imágenes de la figura 4-2. ¿De qué están hechos los objetos que muestran las fotografías?

Si te detenés a observar a tu alrededor, verás que gran parte de los alimentos que ingerimos, de nuestra vestimenta, de las casas donde vivimos y hasta de los materiales que utilizamos diariamente —como la madera y el papel— están constituidos por hidratos de carbono. ¡Y muchas otras cosas más! (► **EL DETALLE**).

Algunos de los hidratos de carbono que consumimos con los alimentos —por ejemplo, el almidón— se degradan en nuestro organismo en D-(+)-glucosa, y de esta molécula obtenemos la energía necesaria para las funciones orgánicas. Pero ¿qué son los hidratos de carbono? ¿Cómo es su estructura y cómo se clasifican?

Los hidratos de carbono son **polialcoholes** formados por carbono, hidrógeno y oxígeno, en una proporción  $C_n(H_2O)_n$  (con  $n \geq 3$ ). Esta relación no implica que el carbono esté unido a las moléculas de agua, solo representa su fórmula general, de la cual deriva el nombre de **carbohidratos** o **hidratos de carbono**. Por ejemplo, la glucosa está formada por seis átomos de carbono y tiene la fórmula general  $C_6(H_2O)_6$ , es decir,  $C_6H_{12}O_6$ .

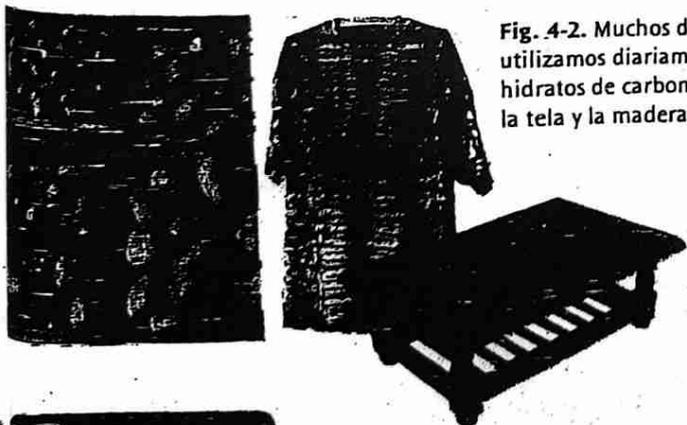


Fig. 4-2. Muchos de los alimentos, la ropa y los materiales que utilizamos diariamente están compuestos esencialmente por hidratos de carbono, como el almidón de las papas y la celulosa de la tela y la madera.

Como la D-(+)-glucosa es el monosacárido fundamental de las células, a los hidratos de carbono se los denomina también **glúcidos**. La palabra **sacáridos**, con la que también se conocen estos compuestos, deriva del griego *sakkharon*, que significa azúcar, aludiendo al “gusto dulce” que se les atribuye a algunos de ellos.

## Clasificación de los hidratos de carbono

Los hidratos de carbono se clasifican de acuerdo con su complejidad, según se hidrolicen o no, en las siguientes cinco categorías:

- **Monosacáridos:** no se hidrolizan.
- **Disacáridos:** se hidrolizan y dan dos moléculas de monosacáridos.
- **Trisacáridos:** se hidrolizan y dan tres moléculas de monosacáridos.
- **Oligosacáridos:** forman cadenas cortas de cuatro a diez unidades, se hidrolizan y dan el número correspondiente de moléculas.
- **Polisacáridos:** forman largas cadenas de monosacáridos; son polímeros de gran masa molecular, por lo tanto, se hidrolizan y dan numerosas moléculas de monosacáridos.

También se incluyen entre los hidratos de carbono aquellos compuestos más complejos, los **glucoconjugados**, en los que también intervienen otras biomoléculas como proteínas o lípidos. Además de carbono, hidrógeno y oxígeno, estos compuestos contienen nitrógeno, fósforo o azufre.

### ACTIVIDADES

- Existen algunas excepciones a la estructura general de los glúcidos. El aldehído fórmico ( $CH_2O$ ), por ejemplo, no es un hidrato de carbono, y en cambio, la ramnosa ( $C_6H_{12}O_5$ ) sí lo es. Identifica para estas dos moléculas en qué consiste la excepción.

### EL DETALLE

#### ¿Desperdicios de camarón?

Costa Rica es un país con una gran actividad pesquera, y uno de los principales frutos de mar son los camarones. Cada año, el consumo de estos camarones genera toneladas de desperdicios. Pero ¿son desperdicios? Desde hace ya varios años, numerosos grupos de investigadores de este país han comenzado a estudiar de qué manera puede aprovecharse el desecho de los camarones, compuesto esencialmente de un hidrato de carbono llamado **quitosán**, para construir nuevos biomateriales. Así, han conseguido degradar este hidrato de carbono a sus formas elementales, y luego utilizarlas para construir delgadas películas parecidas a plástico, para recubrir alimentos.

## La estereoisomería óptica y la configuración de los monosacáridos

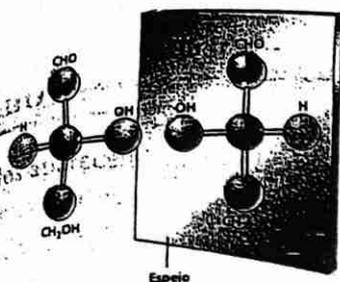


Fig. 4-4. Imagen especular de dos enantiómeros.

Si te fijas en la figura de la página anterior, los monosacáridos aparecen nombrados con una D adelante. Esto significa que son sustancias ópticamente activas, es decir, que desvían la luz polarizada. Un haz de luz polarizada es una onda electromagnética que vibra en un plano único, obtenida gracias a una lente especial; cuando hacemos pasar este haz por una solución de una sustancia ópticamente activa, el haz de luz emerge vibrando en un plano diferente del que tenía cuando ingresó (► **EL DETALLE**). Esta desviación puede medirse utilizando un instrumento denominado **polarímetro**.

La mayoría de las moléculas puede desviar la luz polarizada. Pero cuando están en solución, con frecuencia ocurre algo curioso: algunas moléculas desvían la luz hacia un lado, y otras –orientadas de modo contrario, como en un espejo– lo desvían hacia el lado contrario. Estos efectos se compensan, y por eso parece que no desviarían el haz.

Hay algunas sustancias cuyas moléculas nunca pueden orientarse de este modo. Esto ocurre cuando cuatro sustituyentes –átomos o grupos funcionales– diferentes se encuentran unidos a un mismo átomo de carbono. En esos casos, decimos que el átomo de carbono es **asimétrico** o **quiral** (del griego *quiros*, que significa “mano”). El compuesto puede adquirir diferente configuración espacial según la posición de los sustituyentes alrededor del carbono. Si dos compuestos comparten la misma fórmula química pero se diferencian en la configuración espacial de sus sustituyentes, se trata de compuestos distintos, llamados **estereoisómeros**. Los **enantiómeros** o **estereoisómeros** ópticos poseen estructuras especulares (figura 4-4) denominadas D y L (D viene de *dextro*, a la derecha, y L de *levo*, a la izquierda, y aluden a la configuración de los sustituyentes).

Los estereoisómeros de los monosacáridos se dividen en D y L según la disposición del hidroxilo en el carbono quiral más alejado del grupo carbonilo. En la naturaleza, la mayor parte son D-hexosas (tanto aldohexosas como ceto-hexosas). Para representarlos, utilizamos las **proyecciones de Fischer**: si en la fórmula desarrollada el hidroxilo del carbono quiral se encuentra a la derecha, el monosacárido será D; si se encuentra a la izquierda, será L.

### Propiedades de los estereoisómeros ópticos

La dirección en la cual una sustancia rota la luz polarizada –llamado **poder rotatorio**– es una propiedad específica de cada molécula, y puede ser hacia la derecha (+) o hacia la izquierda (-). Los estereoisómeros ópticos tienen propiedades químicas y físicas iguales, pero difieren en su actividad óptica y –en muchos casos– en sus propiedades biológicas.

No hay manera de predecir hacia qué lado rota la luz cada isómero, sea D o L; lo único que sabemos es que lo hacen en sentido contrario. Así, la glucosa común en los seres vivos es D-(+)-glucosa, y la fructosa común es D-(-)-fructosa. Una mezcla de los enantiómeros D y L en las mismas proporciones es incapaz de rotar la luz polarizada y se la llama **mezcla racémica**.

### ¿Cómo se polariza el vidrio de un auto?

¿Alguna vez viajaste en un auto con vidrios polarizados? Para conseguir este efecto, se coloca sobre el vidrio una película plástica que contiene una sustancia ópticamente activa, que produce la polarización de la luz: solamente permite pasar los rayos de luz solar que inciden en un plano particular, mientras que todos los otros son reflejados. De este modo, quienes miran desde afuera observan la luz reflejada, que es la mayor parte, mientras que los que están adentro observan la luz polarizada, que es una proporción menor.

### ACTIVIDADES

- Representa en tu carpeta los enantiómeros de los siguientes azúcares: ribosa, eritrosa, fructosa y galactosa.

# Los disacáridos y el enlace glucosídico

Los disacáridos son componentes celulares muy importantes y forman parte de los alimentos que consumimos habitualmente. En una taza de café de malta con leche y azúcar hay tres disacáridos importantes (figura 4-14). ¿Cuáles son? Se trata de la maltosa, la lactosa y la sacarosa.

- ▶ La maltosa se encuentra en el grano germinado de la cebada. Por hidrólisis se desdobra en dos moléculas de glucosa.
- ▶ La lactosa está presente en la leche y está formada por una molécula de glucosa y una de galactosa. Se trata de un azúcar reductor y, en solución, presenta mutarrotación, que da dos formas,  $\alpha$  y  $\beta$ .
- ▶ La sacarosa se encuentra en la caña de azúcar y en la remolacha. La mezcla de glucosa y fructosa que se obtiene al hidrolizar la sacarosa se llama azúcar invertido, porque gira el plano de la luz polarizada a la izquierda. La miel, por ejemplo, es azúcar invertido natural.

Los disacáridos compuestos por hexosas, cuya fórmula general es  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , están formados por dos monosacáridos unidos covalentemente mediante un enlace O-glucosídico. Este enlace se forma cuando un grupo hidroxilo de un monosacárido reacciona con el grupo aldehído del carbono anomérico de otro monosacárido. De este modo, el carbono anomérico de uno de los monosacáridos forma parte del enlace glucosídico y no puede ser oxidado. Si el otro monosacárido posee su carbono anomérico libre, el disacárido tendrá poder reductor. Si, en cambio, también está "ocupado", el azúcar no tendrá poder reductor. El disacárido sacarosa, por ejemplo, no tiene poder reductor porque no existe un carbono anomérico libre. En cambio, el disacárido maltosa sí tiene poder reductor, porque el carbono anomérico de una molécula de glucosa permanece libre.

Así, los disacáridos se clasifican en reductores, si reducen el reactivo de Fehling—como la maltosa y la celobiosa— y no reductores, cuando no reducen este reactivo—por ejemplo, la sacarosa—. El carbono aldehídico libre en el extremo de una cadena de monosacáridos se conoce como extremo reductor de la cadena.

## ¿Cómo se nombran los disacáridos?

Primero se escribe el extremo no reductor, precedido por una O; luego se define la configuración

$\alpha$  o  $\beta$  del átomo de carbono aldehídico que participa en la unión glucosídica. Se agrega "furanosil" o "piranosil" a cada residuo para indicar si son anillos de cinco o seis miembros. Luego se indican entre paréntesis los dos átomos de carbono que participan en el enlace, con una flecha que los conecta. Si hay más residuos, se siguen describiendo los enlaces glucosídicos de la misma manera. Por ejemplo, la maltosa se llamará:

O- $\alpha$ -D-glucopiranosil-(1  $\rightarrow$  4)- $\beta$ -D-glucopiranosil

Y su forma abreviada será:

Glc( $\alpha$ 1  $\rightarrow$   $\beta$ 4)Glc.

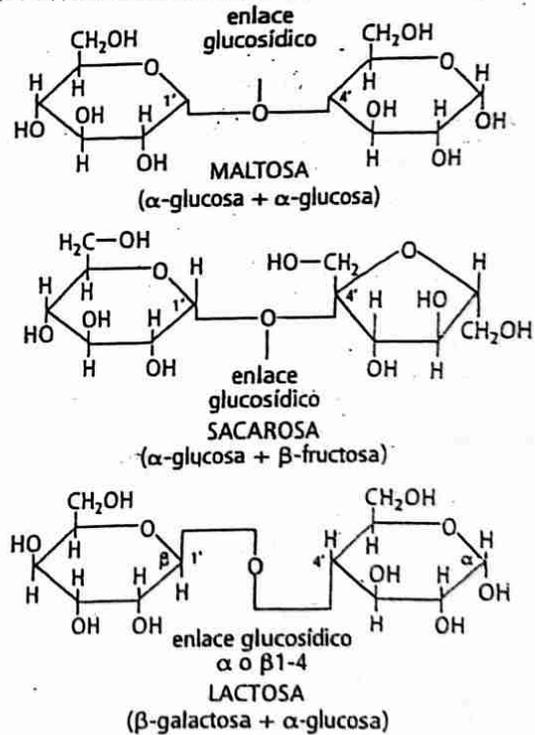


Fig. 4-14. Estructuras de la maltosa, la sacarosa y la lactosa.

### ACTIVIDADES

5. En tu carpeta, escribe el nombre de la lactosa utilizando las reglas de nomenclatura.

## Los polisacáridos

La mayoría de los hidratos de carbono naturales se encuentra formando parte de los polisacáridos, que son macromoléculas naturales que responden a la fórmula general  $(C_6H_{10}O_5)_n$  y tienen una masa molecular de aproximadamente  $162 \times n$ , en la que  $n$  es el número de unidades estructurales que los componen. Todos ellos derivan de las aldosas y las cetosas, por reacciones de polimerización; esto significa que están formados por numerosas unidades de monosacáridos.

Los polisacáridos no tienen carácter reductor ni sabor dulce. Son sólidos no cristalinos, no son solubles en agua fría, pero sí en agua caliente, y forman dispersiones coloidales.

Por hidrólisis, dan pentosas, hexosas o mezclas de estas. Así, se clasifican en pentosanas (como la arabina y la xilana), hexosanas (como las glucosanas, por ejemplo, almidón y glucógeno, fructosanas y manosanas) y polisacáridos mixtos (como las gomas y el mucílago).

Los polisacáridos también se clasifican en:

- ▶ homopolisacáridos, cuando contienen un solo tipo de monosacáridos;
- ▶ heteropolisacáridos, cuando contienen dos o más tipos diferentes.

Finalmente, los distintos polisacáridos también difieren en el tipo de uniones glucosídicas existentes entre los monosacáridos, y en la naturaleza y extensión de las ramificaciones. Resulta, entonces, que hay una enorme variedad de macromoléculas que cumplen funciones de reserva energética o estructurales (de sostén).

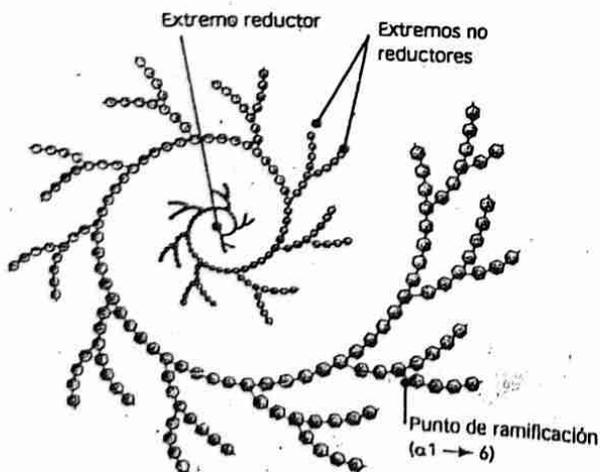


Fig. 4-15. Amilopectina, la estructura ramificada del almidón.

## El almidón

Posee una masa molecular de  $10^6 - 10^8$  y, en realidad, contiene dos tipos de polímeros de la glucosa. La amilosa, compuesta por cadenas largas y no ramificadas de D-glucosa unidas por enlaces  $1 \rightarrow 4$ , y la amilopectina, también formada únicamente por D-glucosa, con una masa molecular muy elevada y altamente ramificada, enlaces  $\alpha 1 \rightarrow 4$  a lo largo de la cadena y  $\alpha 1 \rightarrow 6$  en los puntos de ramificación (figura 4-15). El almidón tiene la capacidad de reaccionar con el yodo, para dar un color azul intenso; la glucosa, en cambio, no produce esta reacción.

## El glucógeno

Tal como verás en el capítulo 7, el glucógeno es el polisacárido de reserva más importante en las células animales, y su grado de complejidad y de ramificación es mayor que en el almidón. Está formado por monómeros de D-glucosa unidas por enlaces  $\alpha 1 \rightarrow 4$  y ramificaciones  $\alpha 1 \rightarrow 6$  (figura 4-16). El glucógeno es muy abundante en el hígado y en el músculo esquelético.

El glucógeno y el almidón que se ingieren con la dieta son hidrolizados por las enzimas  $\alpha$  y  $\beta$  amilasas, contenidas en la saliva y en el jugo intestinal, que son capaces de romper enlaces glucosídicos  $1 \rightarrow 4$ . Por hidrólisis, el almidón se transforma en almidón soluble; luego, en dextrinas más o menos complejas; luego, en maltosa y, finalmente, en glucosa.

La acción de la  $\beta$ -amilasa sobre el glucógeno es muy similar a la que se observa en la amilopectina. El glucógeno se hidroliza y da polisacáridos de baja masa molecular, luego maltotriosa y maltosa y, por último, muy lentamente, glucosa.

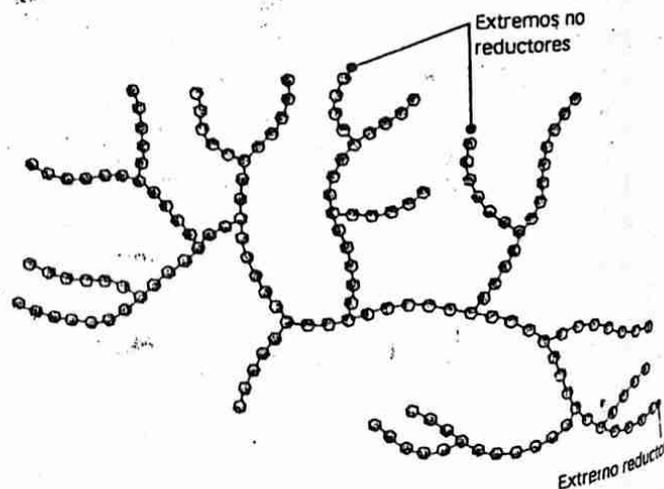


Fig. 4-16. Estructura ramificada del glucógeno.

# Polisacáridos estructurales

Algunos organismos contienen importantes polisacáridos estructurales o de sostén, que integran cubiertas o estructuras esqueléticas del cuerpo (figura 4-17). ¿Qué tienen en común estos materiales y qué los diferencia del almidón o glucógeno? ¿Cómo describirías su estructura?

La quitina, por su parte, es el componente principal del exoesqueleto de muchas especies de artrópodos. Se trata de un homopolisacárido lineal compuesto por unidades de N-acetil-O-glucosamina unidas por enlaces  $\beta 1 \rightarrow 4$ . Forma fibras extendidas y no es digerible por los vertebrados.

La celulosa se encuentra en las paredes celulares de las plantas y en todos los tejidos vegetales leñosos y constituye una gran parte de la masa de la madera. Está formada únicamente por unidades de D-glucosa, igual que el almidón y el glucógeno, pero los enlaces son  $\beta 1 \rightarrow 4$  glucosídicos. Al igual que la quitina, se dispone en cadenas rectas y extendidas, entre las cuales se forman puentes de hidrógeno que dan a las fibras gran estabilidad y resistencia.

En 1846, el químico sueco Christian Friedrich Schönbein (1799-1868) descubrió la nitrocelulosa, un explosivo que se obtiene por tratamiento de la celulosa con ácido nítrico. Pero ¿qué tienen en común la celulosa, la nitrocelulosa y el papel? La celulosa es el constituyente fundamental del algodón (que es casi ce-

lulosa pura), del lino, del cáñamo, etc. Industrialmente, además de las nitrocelulosas, se obtiene algodón pólvora, base de las pólvoras sin humo; piroxilina, base del celuloide y otros plásticos, así como seda artificial, por formación de filamentos finos de celulosa. Sin embargo, sin duda, el producto industrial más importante es el papel, que se obtiene por tratamiento de la pulpa de celulosa.

## Polisacáridos mixtos, glucolípidos y glucoproteínas

Los polisacáridos mixtos están formados por distintos tipos de monosacáridos, o un solo tipo de monosacárido combinado con otros compuestos. Entre ellos, podemos destacar dos:

- ▶ las gomas (arábica, tragacanto), compuestas por pentosas, hexosas y ácidos urónicos;
- ▶ los mucílagos (agar-agar), que contienen galactosa y ácido sulfúrico.

Otros polímeros mixtos incluyen los peptidoglucanos, formados por unidades alternadas de N-acetilglucosamina y ácido N-acetilmurámico, unidas por enlaces  $\beta 1 \rightarrow 4$  y los glucosaminglucanos, compuestos por N-acetilglucosamina y ácido urónico.

A su vez, en las células, los glucosaminglucanos unidos a proteínas extracelulares forman los proteoglucanos o glucoproteínas. Cuando se unen a lípidos, forman los llamados glucolípidos.

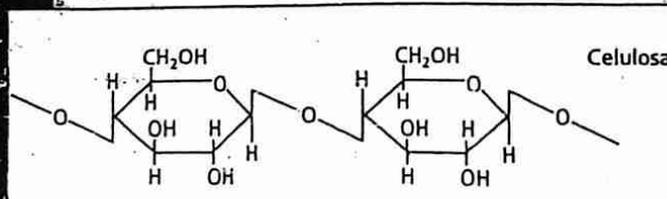
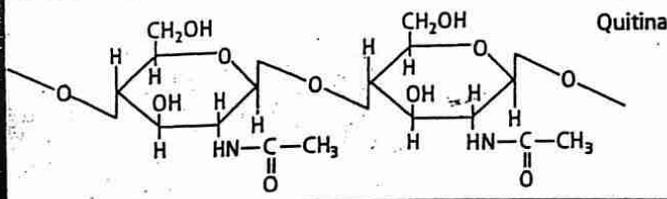


Fig. 4-17. La quitina y la celulosa forman parte del exoesqueleto de los cangrejos y de las plantas, respectivamente.

### ACTIVIDADES

- La celulosa no puede ser utilizada directamente como fuente de energía en el metabolismo animal, porque las amilasas no logran hidrolizar los enlaces. Sin embargo, las termitas pueden digerirla porque aprovechan la acción de un microorganismo que se aloja en su intestino y produce una enzima que hidroliza estos enlaces. ¿Existen mamíferos que digieran la celulosa de esta manera? ¿Cuáles?

# Ciencia en tus manos

## Trabajo en el laboratorio: elaboración de un informe

En el relato del principio del capítulo, el Dr. Leloir cuenta que un día uno de sus colaboradores apareció en el laboratorio con un trabajo científico publicado en el cual se mostraba la estructura de un compuesto ¡que coincidía con el que ellos estaban estudiando! Esa publicación "hizo la diferencia", ya que gracias a ella pudieron encaminar el trabajo en el sentido correcto.

Evidentemente, las **publicaciones científicas** juegan un papel central en el quehacer científico; comunicar sus ideas y sus resultados es una de sus actividades más importantes, y es lo que permite que el conocimiento científico avance. Pero ¿qué

significa exactamente la "comunicación científica"? ¿Hay "mala" o "buena" comunicación? ¡Sí que las hay! Una buena comunicación es aquella que cumple el objetivo para el cual está prevista. Es decir, si queremos informar lo que hemos hecho, debemos explicar en detalle el procedimiento y los resultados de nuestro trabajo. Para ejercitar esta tarea, aunque en un ámbito no científico, sino escolar, te proponemos que te reúnas con tu grupo y realicen experimentos para luego **elaborar un informe**. Este informe tendrá las siguientes partes: título y autor, objetivos, materiales, métodos, resultados y conclusiones.

### ACTIVIDADES

- Los siguientes experimentos permiten reconocer la presencia de almidón y los productos de su hidrólisis. Realízalos con tus compañeros.

#### Materiales

Reactivo de Fehling A (69,3 g de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  -sulfato cúprico pentahidratado- disueltos en agua destilada), reactivo de Fehling B (100 g NaOH y 346 g de tartrato de sodio y potasio en un litro de agua destilada), tintura de yodo, almidón o fécula de maíz, cuatro tubos de ensayo, una gradilla, una varilla de vidrio, una espátula, dos goteros, una pinza para tubos de ensayo, un mechero.

- Coloquen en la gradilla dos de los tubos de ensayo. Coloquen 5 ml de agua en cada tubo, y una punta de espátula de almidón en uno de los dos. Mezclen bien con la varilla de vidrio.
- Agreguen cinco a seis gotas de tintura de yodo en cada tubo. Observen el color de la solución y registren el resultado. ¿Qué diferencia hay?
- Ahora preparen un tubo nuevo con 5 ml de agua; una punta de espátula de almidón, y agreguen 1 ml de saliva. Mezclen con la varilla de vidrio y esperen de quince a veinte minutos.
- Repitan el procedimiento del punto 2 colocando tintura de yodo en este nuevo tubo. ¿Qué ocurre en este caso?
- Coloquen 5 gotas de la mezcla de almidón y saliva en un tubo de ensayo limpio, y agreguen 3 ml de reactivo de Fehling (mezcla de A y B en partes iguales). Calienten la mezcla en el mechero, sosteniendo el tubo con la pinza. ¿Qué observan?

- Con estos resultados obtenidos, les proponemos que realicen un informe completo, sin omitir ninguna de sus partes.
- Una vez que lo hayan terminado, intercámbienlo con otro grupo y lean el informe que reciben. ¿Se entiende todo lo expuesto? Si tienen alguna duda, consúltenla y propongan de qué manera podría mejorarse el informe.
- Te proponemos que sigas investigando: ¿cuál es la función de la saliva en esta experiencia? ¿Qué biomolécula es responsable de ese efecto? Averigüa cómo se llama y que función cumple en nuestro organismo.



Paso 2.



Michel Eugène Chevreul.

He llamado colessterina a la sustancia cristalizada de los cálculos biliares humanos. Colessterina deriva de kholé (bilis) y stereós (sólido). Se obtiene en estado puro sometiendo cálculos biliares humanos cristalizados a alcohol en ebullición, luego se filtra y se someten a alcohol a baja temperatura [-].

Michel Eugène Chevreul



Alimentos ricos en colesterol.

EL COLESTEROL ES UN LÍPIDO "FAMOSO". APARECE EN LAS ETIQUETAS DE LOS ALIMENTOS, LA GENTE HABLA DE ÉL CUANDO SE HACE UN ANÁLISIS DE SANGRE, LOS NUTRICIONISTAS RECOMIENDAN DIETAS CON BAJO COLESTEROL. SE CONSIDERA QUE EL DESCUBRIDOR DE ESTE COMPUESTO FUE EL MÉDICO FRANCÉS FRANÇOIS POULLETIER DE LA SALLE, UN MÉDICO DE PARÍS QUE, EN 1758, PUSO POLVO DE CÁLCULO BILIAR EN ALCOHOL Y OBTUVO UNAS LÁMINAS CRISTALINAS Y BRILLANTES. SIN EMBARGO, FUE EL QUÍMICO FRANCÉS MICHEL EUGÈNE

CHEVREUL (1786-1889) QUIEN LES DIO NOMBRE A ESTAS LÁMINAS. LAS LLAMÓ "COLESTERINA", YA QUE BUSCABA RESUMIR EN UNA ÚNICA PALABRA EL SIGNIFICADO DE "SUSTANCIA DE CONCRECIÓN BILIAR". CON EL TIEMPO, SE DESCUBRIÓ QUE LA COLESTERINA SE DEPOSITABA EN LAS ARTERIAS, Y QUE QUÍMICAMENTE ERA UN ALCOHOL. POR ESA RAZÓN, PASÓ A DENOMINARSE "COLESTEROL". SABEMOS, ADEMÁS, QUE UNA BUENA PROPORCIÓN DE LOS ESTUDIOS BIOQUÍMICOS QUE SE HACEN EN LOS LABORATORIOS DE ANÁLISIS CLÍNICOS INVOLUCRAN LA MEDICIÓN DE LAS CANTIDADES DE COLESTEROL QUE CIRCULAN POR LA SANGRE. TAMBIÉN SABEMOS QUE CANTIDADES EXCESIVAS DE COLESTEROL PUEDEN SER PERJUDICIALES PARA EL SISTEMA CIRCULATORIO Y PARA NUESTRA SALUD GENERAL. PERO ¿QUÉ ES EXACTAMENTE EL COLESTEROL? ¿SIEMPRE ES UNA SUSTANCIA PERJUDICIAL? ¿SEGURAMENTE ESCUCHASTE DECIR QUE EL COLESTEROL PUEDE SER "BUENO" O SER "MALO". EN LA PRÁCTICA, QUE EL COLESTEROL PERTENEZCA A UNA U OTRA CATEGORÍA TIENE UNA EXPLICACIÓN QUÍMICA, QUE PODEMOS DESCUBRIR CON SOLO ANALIZAR UN POCO EL ROL DE ESTA MOLÉCULA EN NUESTRO ORGANISMO.

### ACTIVIDADES

- El colesterol es una biomolécula que pertenece a la familia de los lípidos. Responde las siguientes preguntas:
  - ¿Qué función crees que cumple el colesterol en el organismo?
  - ¿En qué lugar del organismo se puede encontrar colesterol?
  - Investiga en qué alimentos puede encontrarse gran contenido de colesterol. ¿Se trata de alimentos animales o vegetales?
- En el texto se menciona que la colessterina se deposita en las arterias. Investiga cómo se llama esa enfermedad y cuáles son los factores que favorecen su aparición.

## Los lípidos y sus propiedades

Además de los hidratos de carbono, otro de los cuatro grandes grupos de biomoléculas es el de los lípidos. Se trata de un grupo de moléculas fundamentales para las células y todos los seres vivos, tal como veremos en este capítulo. En nuestra dieta aparecen en los aceites, la leche entera, la manteca, ciertas galletitas y muchos otros alimentos (figura 5-1).

A diferencia de los otros grupos de biomoléculas, el criterio por el cual los lípidos se agrupan no es su estructura, sino su solubilidad. Como vimos, los hidratos de carbono están conformados por azúcares simples libres, o unidos en forma de polímeros; su estructura básica, entonces, es siempre la misma. Con los lípidos ocurre algo diferente: no hay una única estructura elemental, que esté presente en todos los miembros de este grupo. Por el contrario, la característica central de este conjunto de moléculas es la hidrofobia. ¿De qué se trata? Decimos que una sustancia es hidrofóbica cuando repele el agua. Todos los lípidos son sustancias insolubles en agua como consecuencia de su carácter no polar (figura 5-2).

### Funciones biológicas de los lípidos

Aunque muchas personas consideran que los lípidos son perjudiciales para nuestra salud, ¡son imprescindibles! Tal como veremos luego, estas moléculas cumplen un rol fundamental en la estructura de las membranas biológicas. Allí, cumplen función estructural, a la vez que regulan el paso de sustancias desde y hacia el interior de las células. Sin embargo, cuando nos habla de "grasas" —una de las clases de lípidos— pensamos en "estar gordos". Lo que ocurre es que otra de las funciones de los lípidos es acumularse en el tejido adiposo y servir como reservas energéticas de nuestro organismo.

### La clasificación de los lípidos

Como mencionamos antes, los lípidos constituyen un conjunto heterogéneo de sustancias químicas agrupadas por su insolubilidad en agua. De acuerdo con su estructura y sus propiedades químicas, se los puede agrupar como saponificables o no saponificables. Decimos que un lípido es saponificable cuando deriva de la esterificación de los ácidos grasos (enseguida hablaremos de ellos) y puede reaccionar con un álcali —como el hidróxido de sodio o de potasio— para dar una sal. Esa cualidad se debe a la presencia de un grupo funcional químico del tipo carboxilo. Por el contrario, decimos que es no saponificable cuando no deriva de la esterificación de los ácidos grasos y adopta estructuras cíclicas.

#### ACTIVIDADES

3. Identifica en tu casa otros dos alimentos que posean lípidos en su composición. Para ello, analiza las etiquetas.
  - a) ¿Hay algún alimento que no posea esta clase de biomoléculas?
  - b) ¿Todos los alimentos poseen la misma proporción de lípidos?
  - c) Al analizar las etiquetas, ¿puedes distinguir más de una clase de lípidos?

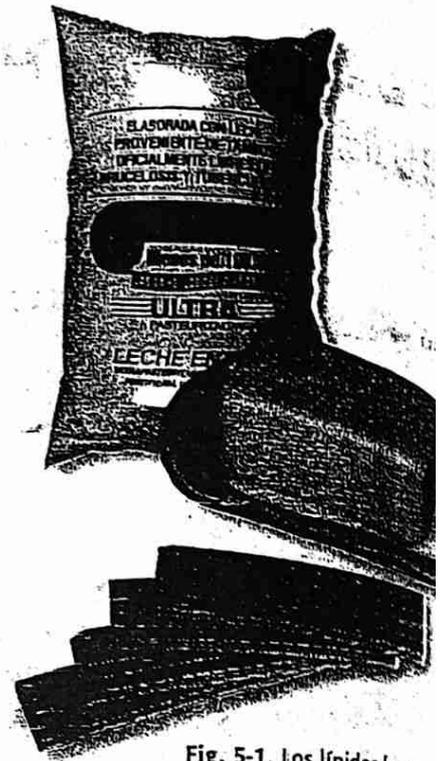


Fig. 5-1. Los lípidos forman parte de muchos alimentos de nuestra dieta.

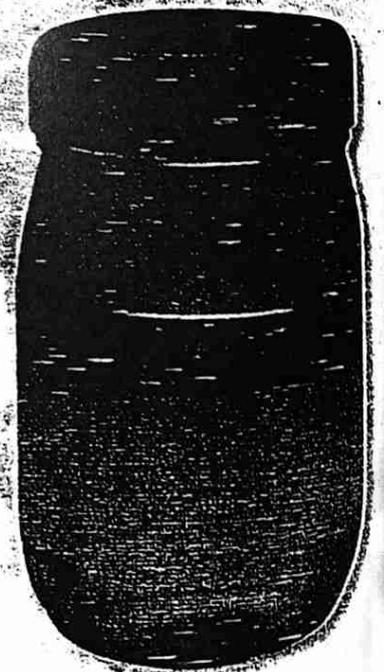


Fig. 5-2. Los lípidos son insolubles en agua (hidrofóbicos).

## Lípidos saponificables

Dentro del grupo de los lípidos saponificables, podemos encontrar los **lípidos simples**, como los acilglicéridos y las ceras, y los **lípidos compuestos**, como los fosfoglicéridos, las esfingomielinas y los glucolípidos.

- ▶ Los **acilglicéridos** se forman por la unión de una molécula de glicerol con uno, dos o tres ácidos grasos, lo que da monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos. Estos últimos son llamados **grasas** si son sólidos a temperatura ambiente, y **aceites** si son líquidos (figura 5-3).
- ▶ Las **ceras** son lípidos sólidos formados por grandes moléculas de ésteres de ácidos grasos de cadena larga, saturados e insaturados con alcoholes. Aquí se incluyen, por ejemplo, la cera de abejas y la lanolina que forma la lana de las ovejas (figura 5-4).
- ▶ Los **fosfoglicéridos** o **glicerofosfolípidos** se originan por la esterificación de una molécula de glicerol con dos ácidos grasos y una de ácido ortofosfórico. Están presentes en todas las membranas biológicas, y pueden contener nitrógeno —como la fosfatidiletanolamina y la fosfatidilcolina— o no poseerlo —como el ácido fosfatídico y el fosfatidilinositol—.
- ▶ Las **esfingomielinas** derivan de la esterificación de las moléculas de esfingol, un aminoalcohol insaturado de dieciocho átomos de carbono, con el ácido ortofosfórico. Son muy comunes en el sistema nervioso, donde forman parte de la estructura de la vaina de mielina.
- ▶ Los **glucolípidos** o **esfingósidos** son también derivados del esfingol, pero no contienen ácido ortofosfórico. Tienen una cola no polar, denominada genéricamente “ceramida”, y una cabeza polar formada por el glúcido, que puede ser la galactosa (en los **cerebrósidos**) o el ácido N-acetilneuramínico (en los **gangliósidos**). Los cerebrósidos están presentes en la sustancia blanca del cerebro y en las vainas de mielina, y los gangliósidos, en las células ganglionares.



Fig. 5-3. Los triglicéridos líquidos se denominan aceites.

## Lípidos no saponificables

Además de los ejemplos anteriores, hay algunos lípidos que no están conformados por ésteres de ácidos grasos, sino por varios anillos condensados —como los esteroides— o estructuras repetitivas —como los terpenoides—. Se trata de los lípidos no saponificables.

- ▶ Los **esteroides** tienen en común la presencia del anillo de ciclopentanoperhidrofenantreno. Incluyen los esteroides, como el **colesterol**, los **ácidos biliares** y las hormonas esteroideas.
- ▶ Los **terpenoides** son polímeros del isopreno (que es el 2-metil-1,3-butadieno) y de sus derivados oxigenados, comunes en muchos tejidos vegetales. Pueden ser hidrocarburos (**terpenos**), alcoholes (**terpenoles**), aldehídos (**terpenales**) o cetonas (**terpenonas**). En esta familia se incluyen también los carotenoides, como los pigmentos de la zanahoria.
- ▶ Los **icosanoides** son derivados de los ácidos grasos, por ejemplo, del ácido araquidónico. Cumplen importantes funciones de tipo hormonal en los tejidos de los vertebrados.



Fig. 5-4. La cera producida por las abejas es un lípido saponificable.

# Los ácidos grasos

Fijate que para clasificar los lípidos hablamos de aquellos que derivan de la esterificación de ácidos grasos y los que no derivan de ellos. Pero ¿qué son los ácidos grasos? ¿Por qué se los denomina así? Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos de cadena larga y de número-par de átomos de carbono. Se los denomina así porque forman parte, precisamente, de todas las grasas saponificables (que reaccionan con los álcalis) animales y vegetales.

Los ácidos grasos naturales forman cadenas de 4 a 36 átomos de carbono. Pueden ser saturados o insaturados, en este caso, con dos, tres o cuatro dobles enlaces. Los ácidos grasos saturados de hasta diez o menos átomos de carbono son líquidos, y los restantes son sólidos. En las grasas naturales predominan los de dieciséis y dieciocho átomos de carbono, pero en la manteca y en la leche, por ejemplo, los de menos carbonos (figura 5-5). Tal como se puede observar en la tabla, los ácidos grasos reciben el nombre de acuerdo con la fuente de la que fueron aislados por primera vez. Así, el ácido butanoico proviene de la manteca, el ácido láurico proviene del laurel y el ácido palmítico proviene de la palma. Los jabones comunes son sales de sodio o de potasio de ácidos grasos (► **EL DETALLE**). Si investigás un poco, seguramente vas a descubrir que hay una marca de jabones que aprovecha el nombre de dos ácidos grasos en una única palabra.

## Ácidos grasos esenciales

Se trata de un conjunto de ácidos grasos poliinsaturados, que son imprescindibles para ciertas funciones biológicas de los seres humanos, y que nuestro organismo no puede sintetizar. Estos ácidos resultan importantes para el normal desarrollo de los sistemas inmunológico y nervioso y, además, son precursores de derivados de los lípidos como las prostaglandinas, los tromboxanos, los leucotrienos y las pentaciclinas. Además, se comprobó que aumentando la ingesta de alimentos que contienen estos ácidos se retarda la aparición y progresión de afecciones coronarias.

Ácidos grasos más importantes			
Butanoico	4	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \text{COOH}$	Manteca animal
Caproico	6	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH}$	Manteca animal
Octanoico	8	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_6 - \text{COOH}$	Manteca animal
Láurico	12	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{10} - \text{COOH}$	Manteca animal
Mirístico	14	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_8 - \text{COOH}$	Manteca animal
Palmítico	16	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{COOH}$	Manteca animal
Stearico	18	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_6 - \text{COOH}$	Manteca animal
Araquídico	20	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{18} - \text{COOH}$	Manteca animal
Oleico	18	$\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$ ( $\Delta$ 9) $\omega$ 9	Maní
Linoleico	18	$\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$ ( $\Delta$ 9, 12) $\omega$ 6	Todas las grasas
Linolénico	18	$\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$ ( $\Delta$ 9, 12, 15) $\omega$ 3	Aceite de maíz
Araquidónico	20	$\text{C}_{20}\text{H}_{32}\text{O}_2$ ( $\Delta$ 5, 8, 11, 14) $\omega$ 6	Aceite de linaza
			Aceite de maní

Fig. 5-5. Tabla de ácidos grasos más importantes.

EL DETALLE

## ¿Por qué los jabones limpian la grasa?

Si intentamos limpiar manchas de grasa de una prenda sumergiéndola en agua repetidas veces, no lo lograremos. ¿Por qué? En muchos casos, las manchas de suciedad están formadas por partículas de grasas y aceites —que son lípidos— adheridas al tejido. Para remover esas manchas se necesita una sustancia que sea humectante (que permita que el agua actúe "mojando" la superficie) y emulsionante al mismo tiempo. Los jabones (figura 5-6) cumplen con esas características. Tienen una zona polar, soluble en agua (hidrofílica), y un resto hidrocarbonado no polar que repele el agua (hidrofóbica). Cuando lavamos la ropa, las partículas no polares de la suciedad se solubilizan en la región hidrofóbica del jabón y, como la otra zona es soluble en agua, se forma una emulsión en la cual esas partículas, atrapadas por las moléculas de jabón, se dispersan para luego ser removidas de la ropa junto al agua de lavado.

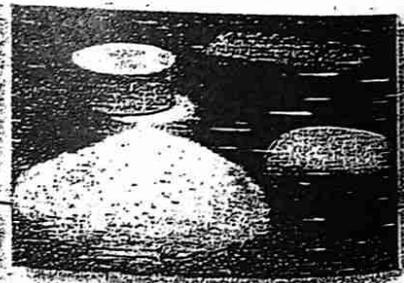


Fig. 5-6. Distintos jabones: de tocador y de lavar en barra, en pastillas y en polvo.

## ACTIVIDADES

- Tal como verás en la sección "Ciencia en tus manos", los jabones están hechos a partir de lípidos. Pero ¿de cuáles? Juntate con uno o dos compañeros e investiguen cuáles son los lípidos utilizados para producir jabón.

# Los acilglicéridos

Cuando nos entregan los resultados de un análisis de sangre solemos preguntarnos acerca del tipo de sustancias que se investigan, qué función cumplen y qué trastornos pueden traer a la salud si los valores obtenidos no están dentro del rango de referencia.

Conseguí y examiné un análisis de laboratorio. ¿Sobre los datos de qué lípidos se basa el análisis? ¿Qué importancia tienen los triglicéridos?

Los **acilglicéridos** son ésteres del glicerol con uno, dos o tres ácidos grasos (**monoglicéridos**, **diglicéridos** o **triglicéridos**, respectivamente) (figura 5-7). Los triglicéridos son los lípidos más abundantes en la naturaleza y también se los conoce como **grasas neutras**. Casi todos los triglicéridos están compuestos tanto por ácidos grasos saturados como insaturados. Si predominan los insaturados, en general son sólidos (a 20 °C) y se los denomina "grasas"; mientras que si prevalecen los saturados resultan líquidos, y son llamados "aceites". En el organismo humano funcionan como reserva energética y, además, resultan aislantes de órganos y tejidos. Si bien estas funciones son muy importantes, el consumo excesivo de grasas neutras saturadas es uno de los factores de riesgo de la obesidad y otras enfermedades; por ello, no deben sobrepasarse los valores considerados normales.

Los triglicéridos se caracterizan por una serie de propiedades físicas y químicas que se relacionan con las importantes funciones que cumplen.

► **Solubilidad.** Son insolubles en agua; al agitarlos en esta sustancia, se fraccionan en pequeñas gotitas y forman una emulsión. Pero esta emulsión resulta muy inestable y, con el tiempo, las gotitas tienden a juntarse y formar dos capas. En presencia de jabones, detergentes o ácidos y sales biliares, la emulsión se estabiliza.

► **Saponificación.** Por hidrólisis en medio alcalino - proceso llamado saponificación (figura 5-8) - se recupera el glicerol y se forman las sales de los ácidos grasos (jabón).

► **Rancidez.** En presencia de oxígeno atmosférico y luz, los ácidos grasos insaturados de los triglicéridos se oxidan, y se obtienen ácidos grasos más simples, de olor desagradable.

► **Hidrogenación.** Cuando se hidrogena una grasa neutra (es decir, se adiciona hidrógeno a los dobles enlaces C=C presentes en los ácidos grasos insaturados) se obtienen grasas saturadas, de sabor más agradable pero más duras. Este tipo de proceso se utiliza en la elaboración de las margarinas. A estas grasas suaves y que se funden con facilidad, como la manteca, se las emulsiona con leche a la que se agregan bacterias para darle su sabor característico mediante procesos de fermentación. Además, se agregan vitaminas, como la A y la D, y colorantes. Resulta interesante el hecho de que la hidrogenación retarda o disminuye el proceso de rancidez (las margarinas resisten mejor el calor que la manteca).

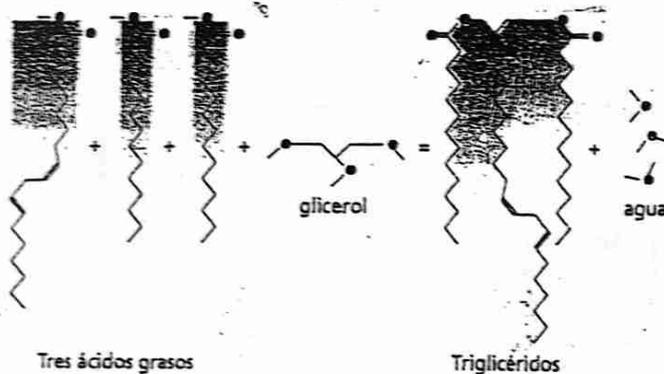
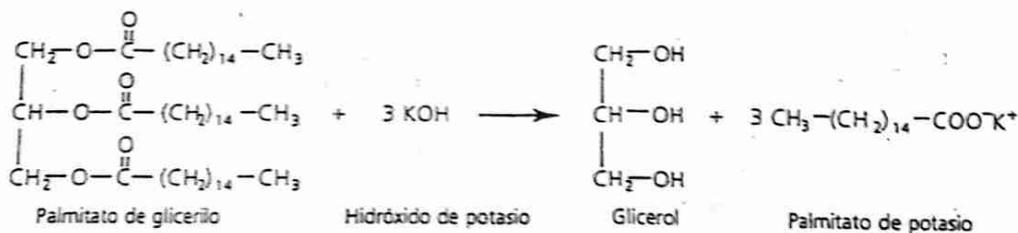


Fig. 5-7. Formación de los triglicéridos.

Fig. 5-8. Saponificación de un triglicérido.



# Fosfolípidos y glucolípidos

Si se esterifica el glicerol con dos ácidos grasos y una molécula de ácido ortofosfórico ( $H_3PO_4$ ), se obtiene un éster denominado genéricamente **ácido fosfatídico**, que interviene en la síntesis de los fosfolípidos. A su vez, uno de los grupos OH libres del ácido fosfatídico (figura 5-9) puede reaccionar con otra molécula.

El glicerol, por otro lado, no es el único alcohol que participa de la estructura de los lípidos saponificables. El **esfingol** o **esfingosina**, un aminoalcohol insaturado de dieciocho átomos de carbono, está presente en diversos

lípidos compuestos, llamados en general **esfingolípidos**. Al esterificarse con el ácido ortofosfórico constituye moléculas llamadas **esfingomielinas**.

Los glucolípidos se conocen como **esfingósidos**, ya que también son derivados del esfingol, pero, a diferencia de las esfingomielinas, no contienen ácido ortofosfórico. En su estructura pueden reconocerse dos zonas: la "cola" no polar, denominada genéricamente **ceramida**, y la "cabeza" polar, formada por el monosacárido galactosa (en los **cerebrósidos**) o un oligosacárido que contiene ácido N-acetilneuramínico (en los **gangliósidos**).

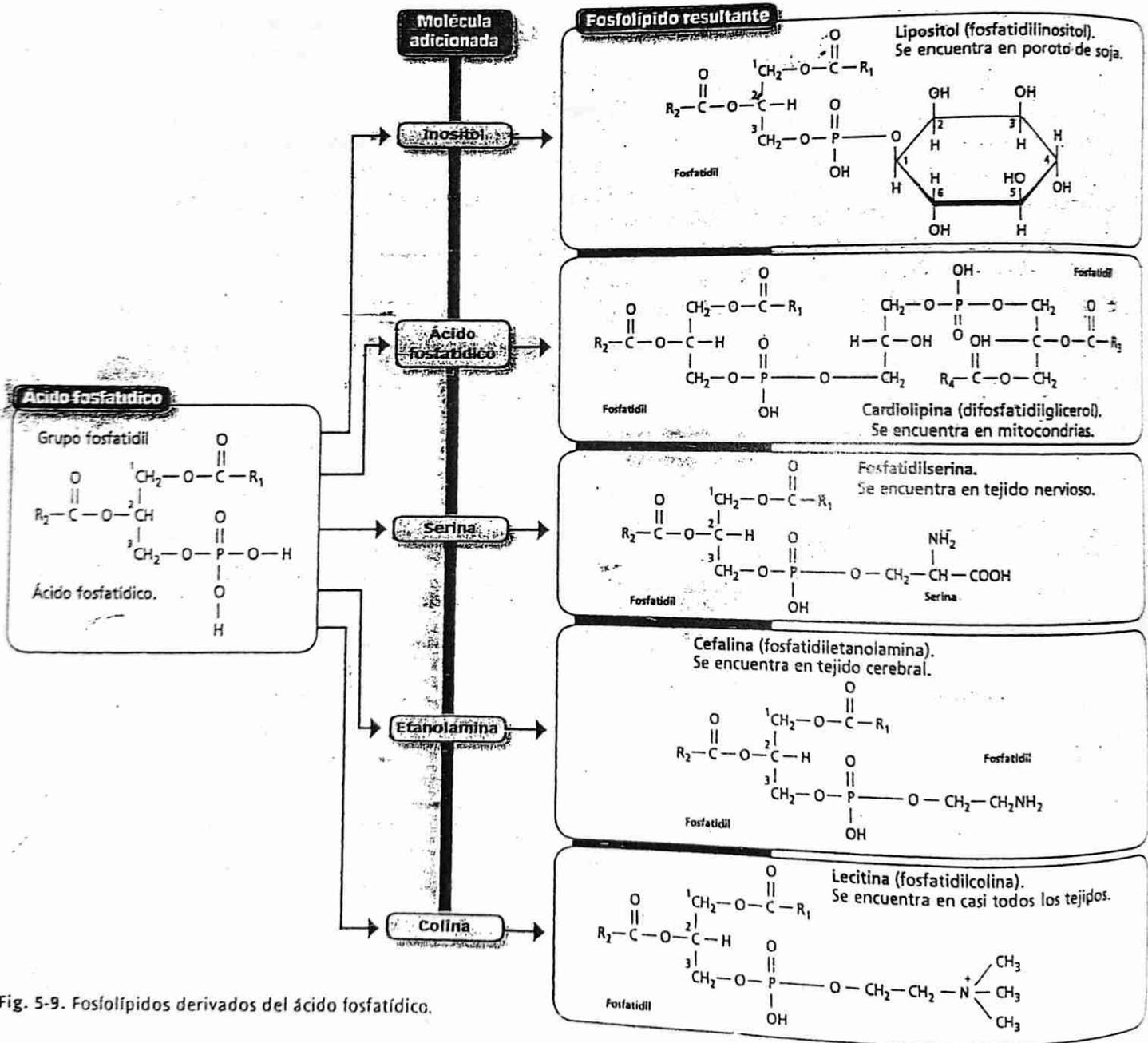


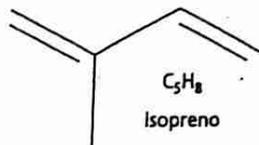
Fig. 5-9. Fosfolípidos derivados del ácido fosfatídico.

## Terpenoides e icosanoides

Cuando se realiza una destilación de un macerado vegetal, se obtiene un líquido insoluble en agua pero soluble en solventes orgánicos, denominado genéricamente **aceite esencial**. Esta denominación es muy parecida a la que utilizamos con los ácidos grasos. Sin embargo, significan cosas totalmente distintas. Como vimos anteriormente, cuando hablamos de "ácidos grasos esenciales", nos referimos a aquellos que nuestro organismo no puede producir y, por lo tanto, debe ingerir con la dieta. Aquí nos referimos al aceite que forma la "esencia" del vegetal. Es habitual que estos aceites puedan ser tanto hidrocarburos como alcoholes, aldehídos o cetonas.

La fórmula molecular de los principales hidrocarburos que forman aceites esenciales naturales es  $C_{10x}H_{16x}$ , donde  $x$  puede ser 1; 1,5; 2; 3 o 4. Sobre la base de esta fórmula se adoptó una nomenclatura que nombra a estos compuestos como **terpenos**:  $C_{10}H_{16}$ : monoterpenos;  $C_{15}H_{24}$ : sesquiterpenos;  $C_{20}H_{32}$ : diterpenos;  $C_{30}H_{48}$ : triterpenos y  $C_{40}H_{64}$ : tetraterpenos.

Los terpenos se consideran polímeros del isopreno o 2-metil, 1,3-butadieno ( $C_5H_8$ ), tal como se lo ilustra abajo. Así, un monoterpeno está formado por dos unidades de isopreno; un diterpeno, por cuatro unidades, etcétera.



Estas sustancias y sus derivados (los terpenoles, terpenales y terpenonas) se conocen genéricamente como **terpenoides**, y pueden ser lineales y/o cíclicos:

- ▶ Entre los lineales se encuentran el **geraniol**, componente del geranio (figura 5-10), y el **citral**, de la corteza del fruto del limón (figura 5-11).
- ▶ Entre los cíclicos se pueden mencionar el **mentol**, de la planta de menta (figura 5-12), y el **alcanfor**, de las hojas del alcanfor.
- ▶ La **vitamina E (tocoferol)**, de función antioxidante, y las **vitaminas K1 (filoquinona)** y **K2 (menaquinona)**, de función antihemorrágica, son ejemplos de derivados del isopreno a la vez lineales y cíclicos.

Los **carotenoides** son terpenoides que presentan una típica coloración roja, amarilla o naranja. Entre ellos se encuentran el **licopeno** (pigmento del tomate) y el **betacaroteno** (presente en la zanahoria y el zapallo). Otros compuestos importantes derivados del isopreno son las quinonas lipídicas, como la **plastoquinona**, vinculada al proceso de respiración celular, y los **dolicoles**, que participan en reacciones de transferencia de moléculas de hidratos de carbono.

Los **icosanoides**, por su parte, son moléculas derivadas de los ácidos grasos de veinte carbonos, como el **ácido araquidónico**. Incluyen las prostaglandinas, los tromboxanos y los leucotrienos, e intervienen en las funciones reproductivas, inflamatorias, en la fiebre y el dolor, en la formación de coágulos sanguíneos y otros numerosos procesos biológicos.

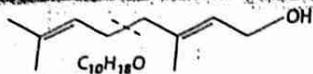


Fig. 5-10. Geraniol.

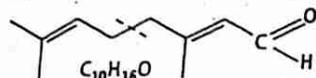
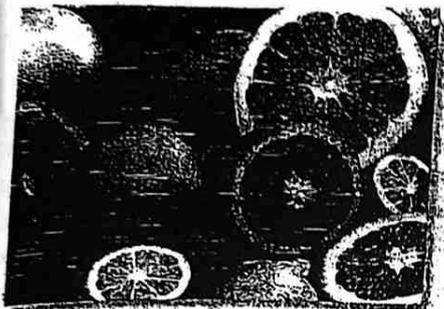


Fig. 5-11. Citral.

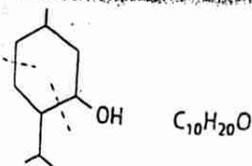


Fig. 5-12. Mentol.

## Los esteroides

¿Alguna vez escuchaste hablar del "colesterol bueno" y el "colesterol malo"? ¿Se trata de moléculas diferentes? En realidad, tal como veremos luego, hay un único colesterol. Se trata de un lípido no saponificable imprescindible —en proporciones adecuadas— para el buen funcionamiento de nuestro organismo. Al igual que otros esteroides, posee un "núcleo" básico de **ciclopentanoperhidrofenantreno** (figura 5-13) y pertenece a la familia de los esteroides. Los esteroides pueden clasificarse como esteroides, ácidos biliares y hormonas esteroideas:

- ▶ Los esteroides son los derivados del ciclopentanoperhidrofenantreno que se caracterizan por tener como función orgánica oxigenada el alcohol. Los esteroides más importantes, además del colesterol, son el ergosterol —un precursor de la vitamina D2— y el colecalciferol —vitamina D3—. En los vegetales se hallan los fitosteroides, de los cuales el sitosterol es el más representativo. En los seres humanos, niveles elevados de colesterol conducen a un estrechamiento de la luz de las arterias, denominado **aterosclerosis** (figura 5-14).
- ▶ Los ácidos biliares poseen en su estructura uno, dos o tres grupos oxhidrilo, y una cadena lateral de cinco carbonos que finaliza con un grupo carboxilo, como ocurre en los ácidos cólico y desoxicólico. En la bilis humana se hallan conjugados mediante una unión amídica con los aminoácidos glicina o taurina. Estos ácidos se sintetizan en el hígado a par-

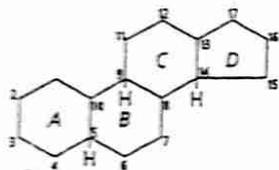


Fig. 5-13. Ciclo pentanoperhidrofenantreno.

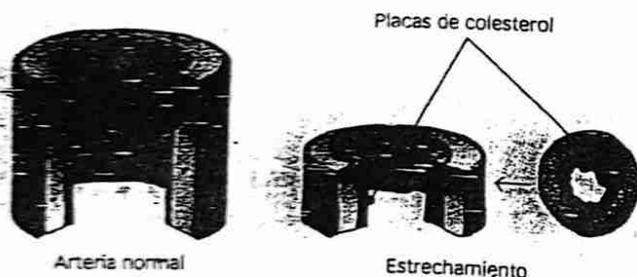


Fig. 5-14. Estrechamiento de las arterias en la aterosclerosis.

tir del colesterol y se segregan como parte de la bilis en forma de **sales de sodio y potasio** de los ácidos conjugados, llamadas **sales biliares**.

- ▶ Las **hormonas esteroideas** se clasifican, según su estructura química, en progestínicas, corticoides, andrógenos y estrógenos. Entre las hormonas progestínicas, la más importante es la **progesterona**. Esta hormona femenina está vinculada a la preparación del útero para la recepción del óvulo fecundado, la implantación del embrión y la estimulación de la producción de leche, entre otras funciones. Los **corticoides** se sintetizan en la corteza de las glándulas suprarrenales, y se clasifican en mineralocorticoides y glucocorticoides. Los **mineralocorticoides** regulan el equilibrio salino y acuoso de los diferentes tejidos, y los **glucocorticoides** —como el **cortisol** y la **corticosterona**— participan del metabolismo de los hidratos de carbono, lípidos y proteínas. Los **andrógenos** —como la **testosterona**— se forman en el testículo y en la glándula suprarrenal (salvo la testosterona, exclusiva de la gónada masculina). Los **estrógenos** (hormonas femeninas) promueven el crecimiento de los folículos ováricos, aumentan el flujo sanguíneo en el útero e intervienen en el mantenimiento de los caracteres sexuales secundarios femeninos. Se originan en el ovario y en la corteza suprarrenal (salvo el estradiol, exclusivo del ovario) (▶ **EL DETALLE**).

EL DETALLE

### ¿Qué son las hormonas anabólicas?

La testosterona tiene un poderoso efecto anabólico. Esto significa que posee la capacidad de inducir el crecimiento y el desarrollo de los tejidos, por ejemplo, el tejido muscular. Por esa razón, muchos deportistas han intentado valerse de esta propiedad para aumentar su masa muscular. En este sentido, la industria química desarrolló los **anabólicos sintéticos**, que son sustancias artificiales derivadas de la testosterona que pueden administrarse por vía oral, y producen el mismo efecto que la testosterona natural. Así, es posible producir un incremento drástico de la masa muscular en muy poco tiempo. Sin embargo, estas sustancias poseen numerosos efectos adversos. Por un lado, se produce una atrofia de los órganos sexuales responsables de la síntesis de las hormonas naturales; por otro, los anabólicos poseen efectos secundarios muy característicos, como la esterilidad masculina, la aparición de conductas agresivas, aumento del colesterol y arritmias cardíacas, entre otros.

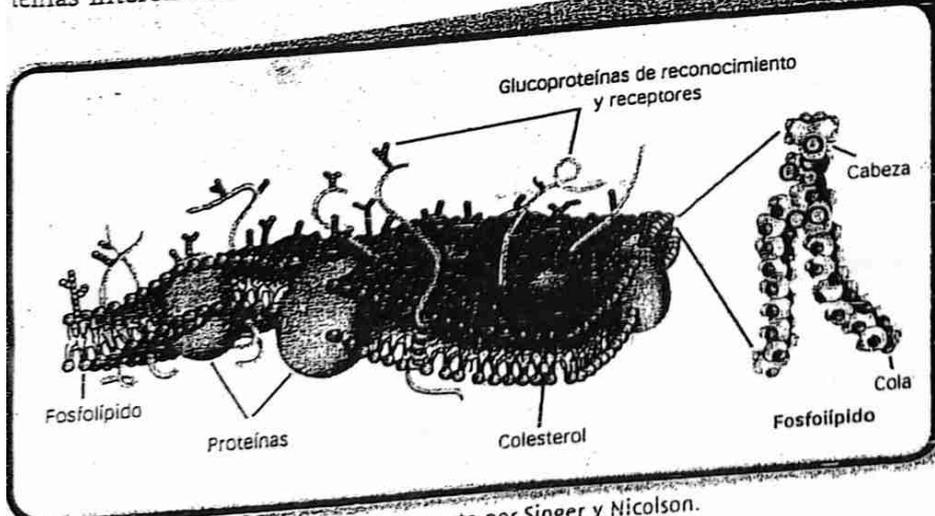
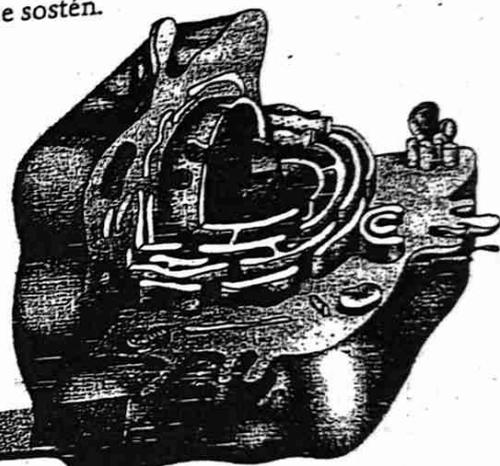
## Los fosfolípidos y las membranas biológicas

Al igual que los glucolípidos y los jabones, los fosfolípidos son moléculas anfipáticas, es decir que tienen dos zonas con propiedades bien diferenciadas en cuanto a su polaridad: la cabeza hidrofílica (soluble en agua) y la cola (el resto hidrocarbonado), no polar, hidrofóbica. Esta característica permite que los fosfolípidos sean los constituyentes mayoritarios de los lípidos de las membranas biológicas.

La membrana celular o plasmática, una barrera semipermeable que separa una célula del medio que la rodea, está constituida, aproximadamente, por el 60% de proteínas, el 35% de lípidos y el 5% de hidratos de carbono. Entre los lípidos —aparte de los fosforados— se encuentran los glucolípidos y algunos esteroides. La composición química de la membrana celular y su estructura se relacionan con sus funciones principales: estructural, de permeabilidad selectiva y receptora o emisora de señales. Los fosfolípidos de la membrana celular contribuyen a su mayor o menor fluidez, que depende del porcentaje de ácidos grasos saturados que intervienen en la composición de los fosfolípidos: cuanto mayor es la proporción de ácidos grasos saturados, más rígida es la membrana, y es más fluida si hay mayores cantidades de ácidos grasos insaturados.

En 1972, S. Singer y G. Nicolson propusieron un modelo de membrana celular denominado mosaico fluido (figura 5-15). Estos científicos postularon que la membrana celular era una estructura dinámica de proteínas intercaladas entre la doble capa de lípidos. Los

lípidos de las membranas celulares están dispuestos en una doble capa: hacia el exterior de estas (los medios intercelular e intracelular, ambos acuosos) se ubican los extremos polares de los fosfolípidos, mientras que las colas hidrofóbicas se enfrentan entre sí, ubicándose en el interior de la doble capa. Las proteínas de la membrana cumplen funciones enzimáticas o de reconocimiento; de acuerdo con su ubicación, pueden ser periféricas (ubicadas hacia el exterior de la membrana, si se eliminan no se altera la estructura de la membrana) o integrales (atravesan la bicapa o se colocan en su interior). Algunas proteínas integrales forman canales que permiten el paso de ciertas sustancias a través de la membrana. Ciertas proteínas periféricas actúan como receptores, distinguiendo señales químicas del exterior y traduciéndolas hacia el interior para permitirle a la célula elaborar una respuesta adecuada. Los hidratos de carbono de las membranas se encuentran unidos a lípidos (forman parte de los glucolípidos) o a proteínas (glucoproteínas). Están ubicados hacia el exterior de la membrana y cumplen funciones de reconocimiento celular y de sostén.



### ACTIVIDADES

- Investigá cuál es la función principal del colesterol dentro de las membranas biológicas.

Fig. 5-15. Modelo de mosaico fluido propuesto por Singer y Nicolson.

# Las lipoproteínas

Tal como mencionamos antes, muchas veces se habla sobre el "colesterol bueno" y el "colesterol malo" y de cómo sus valores pueden estar alterados (► EL DETALLE). Sin embargo, hay una única molécula de colesterol en nuestro organismo, que tiene funciones imprescindibles para nuestro metabolismo (figura 5-16).

Tanto en la sangre humana como en la leche vacuna y en la yema del huevo, la mayoría de los lípidos se encuentran asociados a proteínas. En el plasma —la fracción líquida no celular de la sangre— se forman complejos entre los triglicéridos (no polares) que se asocian a fosfolípidos (polares), a colesterol y a las proteínas para poder ser transportados a través de ese medio acuoso. Estos complejos se denominan lipoproteínas, y pueden clasificarse, en función de su densidad, en cinco tipos generales:

- Los quilomicrones (QM), las lipoproteínas de mayor tamaño, transportan los lípidos exógenos (ingeridos con la dieta) al tejido adiposo, al muscular y al cardíaco.
- Las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) están formadas por proteínas unidas a triglicéridos, y llevan los lípidos de síntesis endógena (hepática) a los tejidos periféricos.
- Cuando las VLDL pierden un gran porcentaje de sus triglicéridos, se transforman en lipoproteínas de baja densidad (LDL), que llevan el colesterol al plasma y a todas las células para su utilización. Si hay exceso de esta lipoproteína (el colesterol que contiene es el llamado "colesterol malo"), puede depositarse en las paredes de las arterias y provocar lesiones (ateromas) que estrechan su luz, produciendo una patología denominada aterosclerosis.
- Por su parte, las lipoproteínas de alta densidad (HDL) contienen el llamado "colesterol bueno" porque estas partículas remueven el colesterol de los tejidos periféricos y lo transportan al hígado, a las glándulas adrenales y a las gónadas, para su metabolización.

Todas las lipoproteínas plasmáticas poseen una estructura similar; están conformadas por un núcleo hidrofóbico, en el cual se concentran los lípidos no polares transportados (como el colesterol), y una zona exterior, en la que prevalecen los fosfolípidos y las porciones proteicas polares. Como la grasa es menos densa que el agua, podemos decir que cuanto mayor sea el contenido de lípidos, menor será la densidad de la lipoproteína.

EL DETALLE

## ¿Qué son las dislipemias?

Las dislipemias son el conjunto de patologías relacionadas con las concentraciones y el metabolismo de los lípidos en nuestro organismo. Las más frecuentes son las alteraciones en los niveles de triglicéridos y colesterol, en particular de HDL (colesterol "bueno"). En general, esas afecciones tienen un componente genético; es decir que las personas que las padecen suelen tener una predisposición heredada. Sin embargo, influyen otros múltiples factores, como la dieta, la actividad física y ciertos hábitos, como el tabaquismo y el consumo de alcohol.

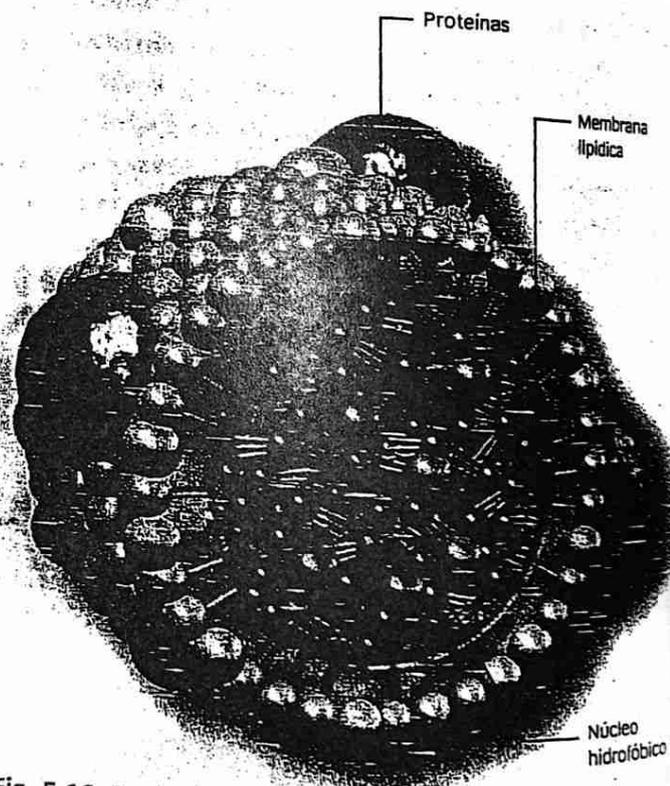


Fig. 5-16. Estructura de una lipoproteína.

## ACTIVIDADES

6. ¿Qué semejanzas y diferencias encontrás entre la estructura de una lipoproteína y la de la membrana celular?

# 6

## Los aminoácidos y las proteínas



Frederick Sanger.

*Veinte aminoácidos diferentes eran encontrados en la mayoría de las proteínas de mamíferos y por métodos analíticos era posible afirmar con exactitud aceptable cuántos residuos de cada una de las veinte clases había en una proteína particular. Prácticamente nada, sin embargo, se sabía acerca del orden relativo con el cual estaban ordenados estos residuos en las moléculas proteicas.*

Frederick Sanger



Estructura de la insulina.

EN 1943, ERA SABIDO QUE TODAS LAS PROTEÍNAS ESTABAN CONFORMADAS POR AMINOÁCIDOS, QUE INTEGRABAN LARGAS CADENAS. LA SECUENCIA PARECÍA TENER UNA IMPORTANCIA ESPECIAL, CONSIDERANDO QUE TODAS LAS PROTEÍNAS POSEÍAN APROXIMADAMENTE LOS MISMOS AMINOÁCIDOS, PERO DIFERÍAN TANTO EN SUS PROPIEDADES FÍSICAS COMO BIOLÓGICAS. LA TEORÍA MÁS AMPLIAMENTE DISCUTIDA ACERCA DE LA SECUENCIA DE LAS PROTEÍNAS ERA LA DE BERGMANN Y NIEMANN, QUIENES SUGERÍAN QUE LOS AMINOÁCIDOS ESTABAN ORDENADOS EN MOTIVOS REPETITIVOS. EN EL OTRO EXTREMO EXISTÍAN QUIENES DECÍAN QUE UNA PROTEÍNA PURA ERA EN REALIDAD UNA MEZCLA AZAROSA DE MOLÉCULAS SIMILARES.

EN 1955, EL BIOQUÍMICO INGLÉS FREDERICK SANGER (N. 1918) DETERMINÓ LA SECUENCIA DE LOS AMINOÁCIDOS DE LA INSULINA Y DEMOSTRÓ QUE CADA PROTEÍNA TIENE UNA SECUENCIA Y UNA ESTRUCTURA ÚNICAS. PARA ELLO, FRAGMENTÓ LA INSULINA —PROTEÍNA INVOLUCRADA EN EL METABOLISMO DE LOS AZÚCARES— Y SEPARÓ LOS PÉPTIDOS OBTENIDOS POR CROMATOGRAFÍA, Y OBTUVO UN PATRÓN CARACTERÍSTICO. SANGER DENOMINÓ A ESTE PATRÓN COMO LAS “HUELLAS DACTILARES” DE CADA PROTEÍNA, YA QUE CADA UNA POSEE SU PROPIO PATRÓN. LUEGO DE SUS EXPERIMENTOS, CONCLUYÓ QUE LA INSULINA TENÍA UNA SECUENCIA PRECISA —NO AZAROSA NI REPETITIVA— DE AMINOÁCIDOS, RESULTADO POR EL CUAL GANÓ EL PREMIO NOBEL DE QUÍMICA EN 1958.

### ACTIVIDADES

1. Investiga acerca de la cromatografía, método utilizado por Sanger para separar los fragmentos peptídicos obtenidos a partir de la insulina.
  - a) ¿En qué consiste este procedimiento?
  - b) Frederick Sanger ganó un segundo Premio Nobel

en 1980. Juntate con uno o dos compañeros y averigüen por qué ganó este premio.

2. Relee el texto y contestá la siguiente pregunta: ¿cuáles son los elementos constituyentes de todas las proteínas?

# Los aminoácidos: características y propiedades

Todas las proteínas están formadas por una combinación de aminoácidos, cada uno de los cuales posee una estructura particular de entre las veinte estructuras posibles. Estos aminoácidos están unidos entre sí por medio de enlaces covalentes. Pero ¿basta realmente veinte aminoácidos para formar las incontables proteínas que existen, caracterizadas por construcciones espaciales tan diversas? La respuesta es sí. Con veinte aminoácidos se pueden formar infinitas proteínas, ya que cada una posee distinta "longitud", y su secuencia es característica. Resulta, entonces, que cada proteína es una combinación adecuada de una cantidad y calidad particular de aminoácidos, que desempeña una función requerida por el organismo.

Pero ¿cómo es, entonces, la estructura de un aminoácido? ¿Qué tipos de aminoácidos forman las proteínas? Todos los aminoácidos están formados por un grupo amino ( $-\text{NH}_2$ ) y un grupo carboxilo ( $-\text{CO}_2\text{H}$ ). Y si bien existen diferentes aminoácidos posibles de acuerdo con la ubicación de ambos grupos, los de mayor importancia biológica y que intervienen en la estructura de las proteínas son los  $\alpha$ -aminoácidos, es decir, aquellos en los que el grupo amino está unido al átomo de carbono  $\alpha$ , contiguo al grupo carboxilo y numerado como 2 (► **EL DETALLE**). Con excepción del aminoácido prolina, los restantes aminoácidos que forman las proteínas son aminas primarias de fórmula  $\text{H}_2\text{N}-\text{RCH}-\text{COOH}$ , en las que  $-\text{H}$  es el hidrógeno libre y  $-\text{R}$  es un grupo funcional, que consiste en una cadena lateral de estructura, tamaño y carga eléctrica diferentes según cada aminoácido (figura 6-1).

Los nombres de los aminoácidos suelen derivar de los nombres de la fuente de la que se aislaron por primera vez: por ejemplo, la asparagina deriva del espárrago (*Asparagus officinalis*). Por convención, los aminoácidos se pueden nombrar con las tres primeras letras de su nombre o, si existen dos similares, se cambia la tercera letra: por ejemplo, Asp es el ácido aspártico, y Asn, la asparagina.

Los aminoácidos son sólidos cristalinos iónicos, en general solubles en agua, y poseen puntos de fusión semejantes a los de otros compuestos iónicos y mucho mayores que los de los compuestos orgánicos de masa molecular semejante. La presencia en la misma molécula de un grupo amino y de otro carboxilo, con características básicas y ácidas, respectivamente, le confiere un carácter anfótero, en forma de dipolos eléctricos llamados *zwitteriones*, donde el grupo carboxilo se encuentra como anión carboxilato y el grupo amino, como catión amonio. En soluciones fuertemente ácidas, los *zwitteriones* se presentan en forma catiónica (con el catión amonio en vez del grupo amino); en soluciones fuertemente básicas, se presentan como aniones (anión carboxilato en lugar del grupo carboxilo) (figura 6-2). Cuando el pH es tal que la concentración de formas aniónicas y catiónicas es igual, se dice que corresponde al punto isoeléctrico. Este punto depende de la naturaleza del grupo R que acompaña al aminoácido.

## EL DETALLE

### ¿Qué son los aminoácidos modificados?

A pesar de que hay veinte tipos de aminoácidos, en las proteínas pueden aparecer ciertos aminoácidos modificados que no pertenecen a ninguna de estas categorías. En particular, dos de los aminoácidos modificados más frecuentes son la hidroxiprolina y la hidroxilisina que, tal como lo sugiere su nombre, son derivados hidroxilados de los aminoácidos prolina y lisina. Estos dos aminoácidos son muy abundantes, por ejemplo, en la estructura del colágeno.

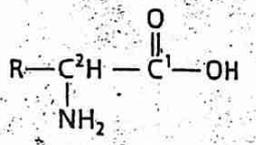


Fig. 6-1. Estructura básica de un aminoácido.

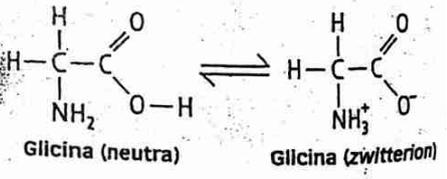


Fig. 6-2. Equilibrio entre la estructura normal y la del *zwitterion* del aminoácido glicina.

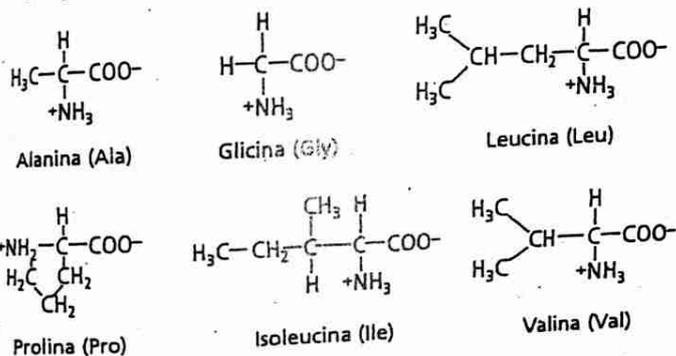
## ACTIVIDADES

- Busca información acerca de otros aminoácidos modificados. ¿Cómo se llama la modificación que sufren?

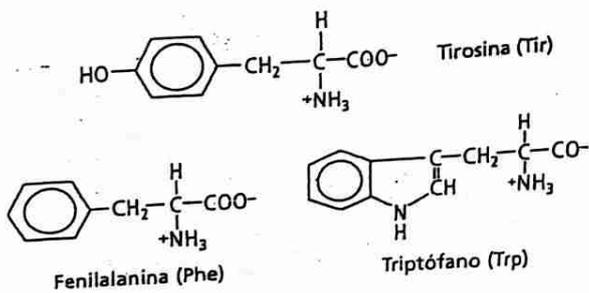
# La clasificación de los aminoácidos

Ya sabes que las proteínas están formadas por secuencias variadas de veinte aminoácidos diferentes. Estos, a su vez, pueden clasificarse de acuerdo con las características del grupo R unido al carbono  $\alpha$ , ya que de ese grupo dependen las distintas propiedades de los aminoácidos y, por lo tanto, de las proteínas.

► **Aminoácidos con grupo R apolar, alifático.** Los aminoácidos cuyos grupos hidrocarbonados son no polares resultan hidrofóbicos. Si los grupos R son voluminosos, como en el caso de la valina, la alanina y la leucina, permiten interacciones hidrofóbicas en las proteínas.

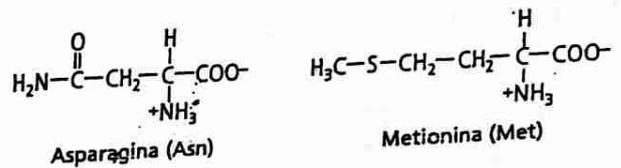
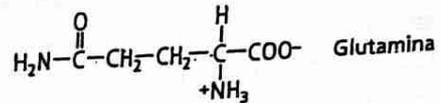
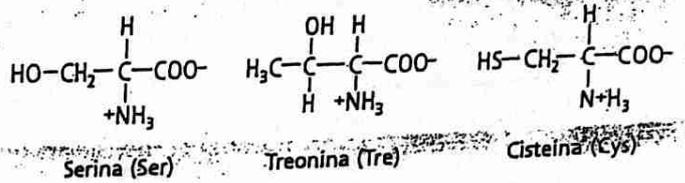


► **Aminoácidos con grupo R aromático.** Los aminoácidos de este grupo son relativamente hidrofóbicos, aunque la tirosina, por la presencia del grupo hidroxilo, puede formar puentes de hidrógeno, y el triptófano tiene un nitrógeno que le confiere cierta polaridad.

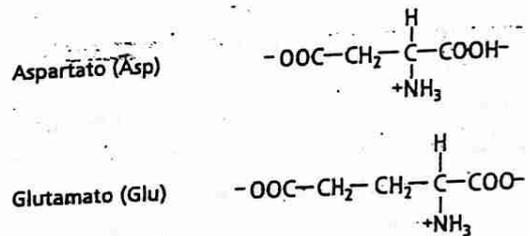


► **Aminoácidos con grupo R polar, sin carga.** Son aminoácidos hidrófilos, es decir que son más solubles en agua. Algunos de ellos pueden formar interacciones por puentes de hidrógeno, como la serina y la treonina, que poseen grupos hidroxilos, y la as-

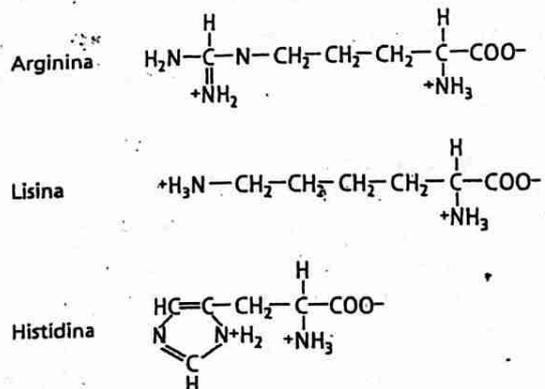
paragina y la glutamina, que poseen grupos amidas. Si en la cadena se encuentran dos moléculas de cisteína, estas pueden unirse a través de los grupos -SH formando un puente disulfuro.



► **Aminoácidos con grupo R cargado negativamente a pH neutro.** Poseen un segundo grupo carboxilo, lo que les confiere su carga negativa y su acidez.



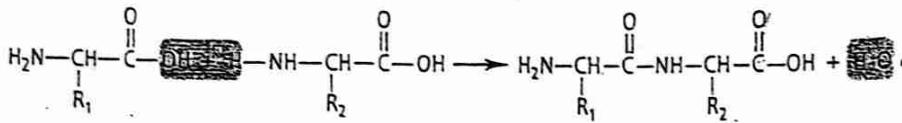
► **Aminoácidos con grupo R cargado positivamente a pH neutro.** Poseen un segundo grupo amino en la cadena carbonada, lo que les confiere su carga positiva y su basicidad.



## El enlace peptídico y los péptidos

La bradikina es una sustancia que generan el organismo humano y el de otros mamíferos para inhibir la inflamación como respuesta a las picaduras de las avispas y que causa un fuerte dolor. Se trata de una sustancia constituida por nueve aminoácidos (figura 6-3).

Pero ¿cómo se unen los aminoácidos entre sí para formar sustancias como la bradikina? Dos aminoácidos pueden unirse eliminando una molécula de agua, que está formada por el hidroxilo del grupo carboxilo del extremo de un aminoácido, y un átomo de hidrógeno del grupo amino de otro aminoácido, para dar lugar a la formación de un enlace  $-\text{CO}-\text{NH}-$  que pertenece a la familia de las uniones tipo amida. Esta reacción es de condensación, un tipo frecuente en las células. Este es el mismo tipo de enlace que se produce en algunas fibras sintéticas como las poliamidas (figura 6-4) y se denomina **enlace peptídico**.



Cuando dos aminoácidos se unen por medio de enlaces peptídicos, se forma un **dipéptido**; si son tres, se forma un **tripéptido**; al unirse cuatro, resulta un **tetrapéptido**; al unirse cinco, un **pentapéptido**; etc. Cuando se une un pequeño número de aminoácidos, se habla de **oligopéptido**. Y cuando se une un gran número de aminoácidos, el producto es un **polipéptido**. En el caso de un tripéptido o péptido superior, los residuos de los extremos se conocen como **residuos terminales** y, en particular, se llama **residuo amino-terminal** al residuo que mantiene su grupo amino, y **residuo carboxilo-terminal** al que mantiene su grupo carboxilo. Algunos péptidos poseen una actividad biológica importante, por ejemplo, la oxitocina, que es la hormona sintetizada en el hipotálamo y que estimula las contracciones uterinas en el parto y el reflejo de la secreción láctea de la glándula mamaria.

Las proteínas también están formadas por muchos aminoácidos, por eso algunas veces se emplea la palabra "polipéptido" como sinónimo de proteína. Pero otros autores prefieren reservar el término "proteína" para aquellos compuestos de masa molecular superior a 10.000 dalton y nombrar como péptidos (oligopéptidos o polipéptidos) a los compuestos "más livianos", es decir, los de masa molecular inferior a 10.000 dalton.

### ACTIVIDADES

4. Escribe la fórmula del tripéptido Phe-Val-Gly. ¿Cuáles serían en este caso los residuos amino y carboxilo terminales?
5. Otras moléculas polipeptídicas son las inmunoglobulinas y la albumina.
  - a) ¿Dónde se forman estas moléculas?
  - b) ¿Cuál es su mecanismo de acción?

Arg-Pro-Pro-Gly-Phe-Ser-Pro-Phe

Fig. 6-3. Secuencia de la bradikina.

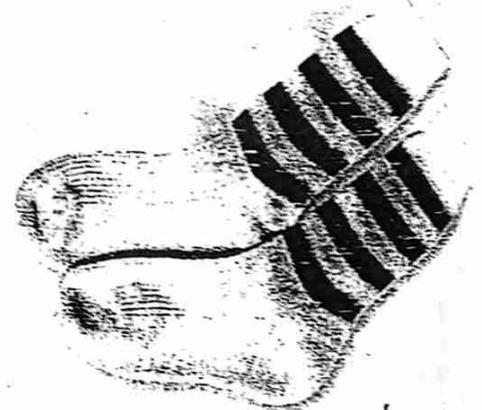


Fig. 6-4. La poliamida de algunas fibras sintéticas es un polímero constituido por uniones iguales a las que forman los aminoácidos.

## Características de las proteínas

Ya dijimos que las proteínas son polipéptidos formados por un gran número de aminoácidos. Una proteína puede contener, por ejemplo, doscientos a cuatrocientos aminoácidos, y tener una masa molecular aproximada de 10.000 a 48.000 dalton. Las proteínas más grandes pueden alcanzar masas moleculares del orden de  $10^6$  dalton, como la proteína conocida como KLH (hemocianina de un molusco llamado "lapa agujero de llave"), y las más pequeñas pueden poseer unos pocos aminoácidos, como la bradikina, que solo posee nueve.

Pero, concretamente, ¿cómo está constituida una proteína? ¿Cómo es posible estudiar su complejidad estructural, su masa molecular y su secuencia? Los aminoácidos que componen las proteínas están unidos por enlaces peptídicos y forman cadenas de gran extensión. Las proteínas se estructuran en base a una o más de estas cadenas polipeptídicas, unidas por enlaces no covalentes, como las fuerzas de Van der Waals, las interacciones iónicas y las hidrofóbicas, y por puentes de hidrógeno.

Una de las proteínas más pequeñas que se conocen es el citocromo c humano, de masa molecular 13.000 dalton, que está formado por una única cadena de 104 aminoácidos. Una de las proteínas más grandes que existen es la apolipoproteína B humana, responsable del transporte del colesterol: con una masa molar superior a los 500.000 dalton, su estructura se compone de una única cadena de más de 4.500 aminoácidos.

## Clasificación de las proteínas

¿Sabías que existen proteínas que no están formadas solamente por cadenas de aminoácidos? Hay un cierto número de proteínas que, además de la cadena de aminoácidos, posee otro grupo químico, denominado grupo prostético. De acuerdo con la naturaleza y la función de este grupo, las proteínas pueden clasificarse en alguna de las siguientes categorías:

- ▶ **lipoproteínas:** contienen lípidos;
- ▶ **glucoproteínas:** contienen hidratos de carbono;
- ▶ **nucleoproteínas:** contienen desoxirribonucleótidos o ribonucleótidos;
- ▶ **flavoproteínas:** contienen nucleótidos de flavina;
- ▶ **fosfoproteínas:** contienen grupos fosfato;
- ▶ **metalproteínas:** contienen átomos de metales; como el hierro, el cinc o el cobre;
- ▶ **hemoproteínas:** contienen un grupo hemo (con un átomo de metal unido a un anillo de porfirina).

En general, estos grupos prostéticos cumplen una función biológica importante. Por ejemplo, el grupo hemo de la hemoglobina (figura 6-5) del ser humano y otros animales es capaz de transportar el oxígeno de los pulmones a las células, y dióxido de carbono de las células a los pulmones. Esta proteína —combinada con el hierro— le confiere a la sangre su color característico. Y su ausencia, originada por la deficiencia de los niveles de hierro en el organismo, conduce a una enfermedad llamada anemia.

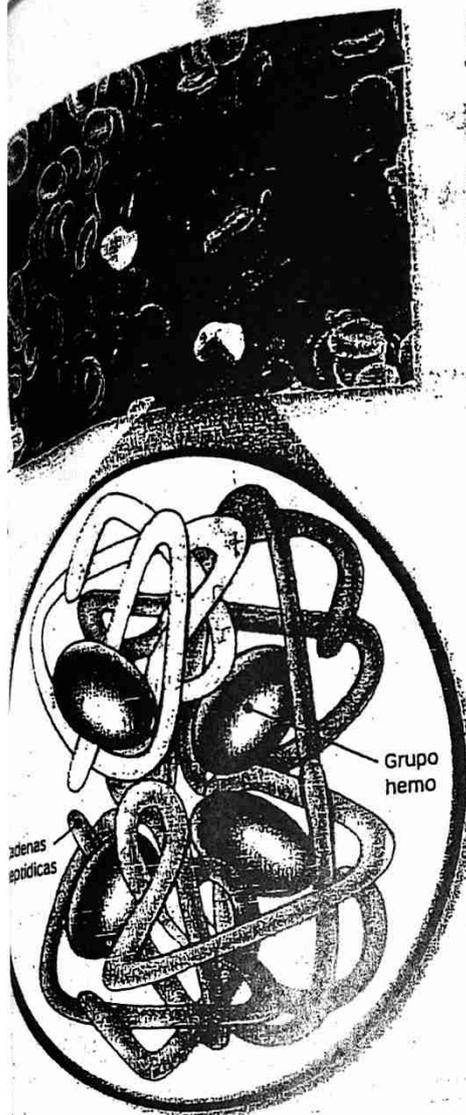


Fig. 6-5. En cada glóbulo rojo hay miles de moléculas de hemoglobina. Aquí se observa un modelo de cómo es cada una de estas moléculas.

### ACTIVIDADES

6. Se conocen otros pigmentos sanguíneos en los animales, como la hemocianina, la hemeritina, la hemovanadina y la cluorocruonina. Averigua qué metales intervienen en estas proteínas.

## Estructura tridimensional de las proteínas

Si las proteínas están formadas por aminoácidos, ¿cómo se disponen estos en el espacio? ¿Forman una larga cadena estirada o adoptan alguna forma particular?

Esta pregunta también se la formularon los químicos estadounidenses Linus C. Pauling (1901-1994) y Robert Corey (1897-1971), quienes en 1939 iniciaron una serie de estudios tendientes a determinar la **estructura tridimensional** de las proteínas, es decir, la disposición espacial de las cadenas de aminoácidos (► **EL DETALLE**). Midieron las longitudes de enlace C-N de los aminoácidos y observaron que resultaban más cortos que en una amina.

Por otro lado, observaron que los átomos adyacentes en la cadena polipeptídica son **coplanares**, es decir, el enlace peptídico del grupo amida "se encuentra en un plano" (las uniones  $O = C - N - H$  formarían ángulos de  $180^\circ$ ).

A partir de estas investigaciones, los químicos llegaron a la conclusión de que existen niveles en la estructura de las proteínas (figura 6-6).

- La **estructura primaria**, que ya analizamos, es la secuencia lineal de los aminoácidos y la ubicación de los puentes disulfuro.
- La **estructura secundaria** consiste en la disposición regular y repetitiva en el espacio de los residuos aminoácidos cercanos en la cadena polipeptídica, estabilizada por las interacciones entre los puentes de hidrógeno, lo que permite su plegamiento para maximizar el número de estos enlaces en una única dirección. Las estructuras secundarias más habituales son la  $\alpha$ -hélice y la hoja  $\beta$ .
- La **estructura terciaria** incluye las interacciones entre segmentos laterales de la cadena polipeptídica de los aminoácidos que forman el esqueleto completo de la proteína y que permiten un mayor grado de plegamiento hasta adoptar la forma tridimensional final característica.
- Finalmente, la **estructura cuaternaria** es la que presentan aquellas proteínas que tienen más de una cadena polipeptídica. Cada cadena polipeptídica constituye una subunidad que se relaciona espacialmente con las restantes.

La estructura  $\alpha$ -hélice, que se presenta cuando una cadena peptídica gira sobre sí misma y se unen los sectores de la cadena por puentes de hidrógeno intra-

moleculares, es característica de la miosina (proteína presente en los músculos) y la  $\alpha$ -queratina (proteína presente en los cabellos y las uñas). Algunas proteínas presentan una estructura denominada de hélice desenrollada, lo que le permite adoptar mayor flexibilidad. En cuanto a la estructura de hoja  $\beta$ , en la que las moléculas se encuentran casi totalmente extendidas, con un ligero plegamiento producto de los impedimentos estéricos que le confieren los grupos R, se presenta, por ejemplo, en la fibroína de la seda.

Cuando las cadenas peptídicas adoptan la estructura tridimensional que les permite cumplir su función (en todos sus niveles), decimos que las proteínas están en **conformación nativa**, o **natural**. Y cuando las proteínas pierden su conformación nativa por variaciones en pH, cambios de temperatura o por reacciones químicas decimos que se encuentran **desnaturalizadas**, en cuyo caso muchas veces ya no cumplen su función biológica.

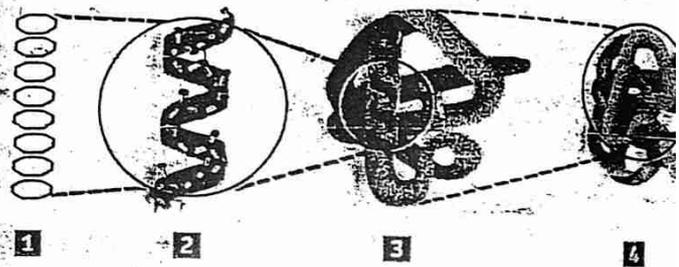


Fig. 6-6. Niveles de estructura de una proteína: primaria (1); secundaria (2); terciaria (3) y cuaternaria (4).

### ¿Qué es la difracción de rayos X?

La **difracción de rayos X** es una técnica que permite inferir la estructura de una sustancia cristalina a partir del patrón de difracción que sus cristales producen sobre un haz de rayos X. Es la técnica utilizada en la **crystalografía**, disciplina que se encarga de analizar la estructura de diferentes sustancias a través de las propiedades de sus cristales. Esta misma técnica puede ser utilizada para estudiar la estructura de las proteínas, así como de otras biomoléculas. Sin ir más lejos, es la técnica que utilizó Rosalind Franklin para sus estudios sobre el ADN en los que se basaron Watson y Crick para proponer el modelo de ADN que los llevó al Premio Nobel en 1962.

# Proteínas fibrosas y globulares

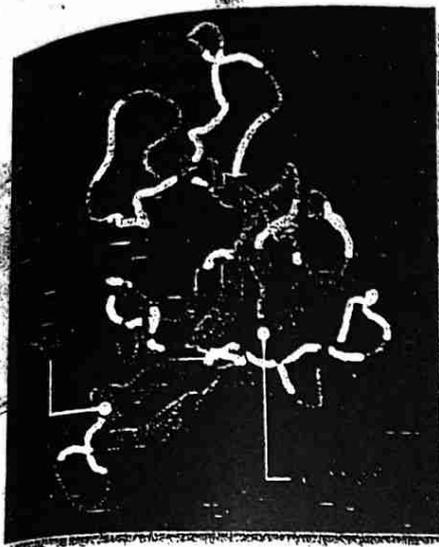


Fig. 6-7. Las proteínas globulares suelen estar formadas por más de una clase de estructura secundaria.

¿Todas las proteínas tienen la misma "forma"? ¿Cómo es posible generalizar su estructura si la función biológica de cada una de ellas es tan diferente? Teniendo en cuenta la estructura terciaria de las proteínas, estas pueden clasificarse en dos grandes grupos: las proteínas fibrosas y las proteínas globulares.

Las proteínas fibrosas se ordenan formando filamentos u hojas de gran extensión, en general conformadas por un único tipo de estructura secundaria. Todas ellas son insolubles en agua debido a la alta concentración de aminoácidos hidrofóbicos (es decir, no polares), que se encuentran tanto en el interior como en la superficie de estas proteínas. En la siguiente tabla se incluyen algunas características de las proteínas fibrosas más representativas.

Nombre	Localización	Estructura	Características
Queratina	Cabellos, uñas, arrabobinas, escamas, cuernos, capa externa de la piel.	Varias cadenas $\alpha$ -hélices $\alpha$ -hélices $\alpha$ -hélices formadas en una superhélice. Presentan entrecruzamientos por puentes disulfuro.	Resistencia, dureza y flexibilidad variables.
Colágeno	Tendones, cartilagos, matriz ósea y córnea.	Tres hélices levógiras formadas sobre todo por Gln, Ala y Pro o Hyp forman una superhélice.	Resistencia. No presentan capacidad de estiramiento.
Elastina	Tejido conjuntivo.	Las cadenas están formadas principalmente por Gln, Ala y Lys. Interaccionan con aminoácidos específicos que les brindan elasticidad.	Elasticidad. Posibilidad de estiramiento en dos direcciones.

En cuanto a las proteínas globulares, las cadenas peptídicas se pliegan en forma esférica y tienen una estructura más compleja que las anteriores, ya que en general puede haber más de una estructura secundaria en la misma molécula (figura 6-7). Son solubles en agua y, en general, los residuos no polares se encuentran en el interior de la molécula, denominado "centro" o "corazón" (*core*, en inglés) mientras que los polares se ubican en la superficie. La siguiente tabla compara las características de algunas proteínas globulares importantes.

Mioglobina	Almacenamiento y transporte de oxígeno.	Presenta una única cadena polipeptídica con un grupo hemo. Su estructura secundaria forma el 70% de $\alpha$ -hélices.
Citocromo c	Componente de la cadena respiratoria de las mitocondrias.	Tiene una sola cadena de cien aminoácidos y un grupo hemo. El 40% de la cadena forma $\alpha$ -hélices.
Ribonucleasa	Cataliza ciertos enlaces internucleótidos del RNA.	Presenta 142 aminoácidos, muy pocos residuos que forman la $\alpha$ -hélice y una mayor cantidad de hoja $\beta$ . Presenta cuatro puentes disulfuro.

## Funciones de las proteínas

Las proteínas representan por lo menos el 50% del peso seco de la mayoría de los organismos, y debido a esta abundancia cumplen variadísimas funciones biológicas. Algunas de ellas las cumplen en el sitio donde son sintetizadas –funciones “locales”–, y otras las cumplen desplazándose por el organismo –funciones “a distancia”–.

### Funciones “locales” de las proteínas

- ▶ **Función estructural.** Una gran cantidad de estructuras celulares está constituida por proteínas que actúan como filamentos y “anclas” de soporte. Por ejemplo, el colágeno es una proteína fibrosa que forma parte de los tendones y los cartílagos, de gran resistencia a la tensión; la elastina constituye los ligamentos, mientras que la queratina forma el pelo y las uñas. Por su lado, la seda es una proteína fibrosa que forma parte del capullo que producen los gusanos de seda (figura 6-8).
- ▶ **Función contráctil o de movimiento.** Algunas proteínas permiten que la célula o determinados orgánulos se muevan, cambien de forma, etc. La contracción de los músculos se realiza a expensas de dos proteínas, la miosina y la actina. Las integrinas y las tubulinas, por su lado, mueven el sistema citoesquelético de la célula, y la dineína de las cilias y los flagelos también se incluyen en este grupo (figura 6-9).
- ▶ **Función de nutrición y reserva.** Algunas proteínas sirven como nutrientes celulares, por ejemplo, la caseína de la leche y la ovoalbúmina del huevo (figura 6-10).
- ▶ **Función de transporte.** Algunas proteínas transportan sustancias a ambos lados de la membrana plasmática, y otras, en los líquidos extracelulares. Por ejemplo, la hemoglobina de los glóbulos rojos transporta oxígeno a los tejidos (figura 6-11).

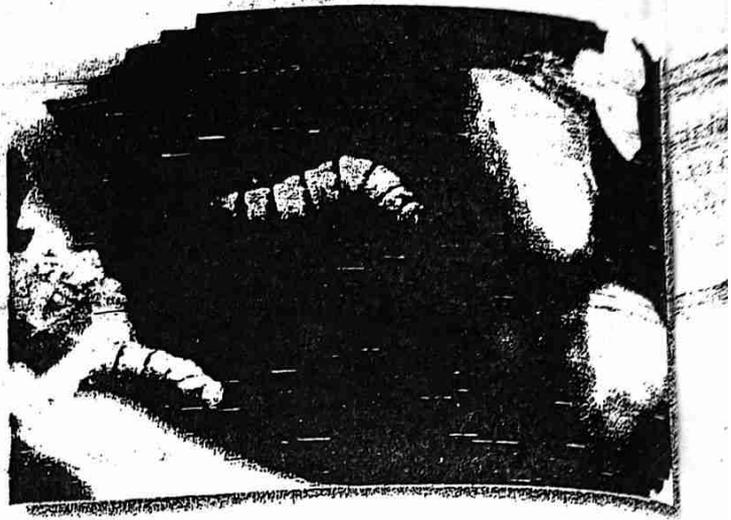


Fig. 6-8. Gusanos de seda.

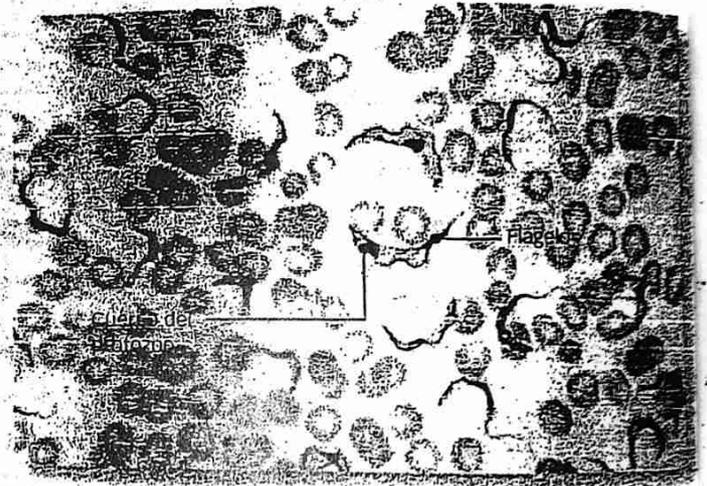


Fig. 6-9. Organismos unicelulares flagelados.

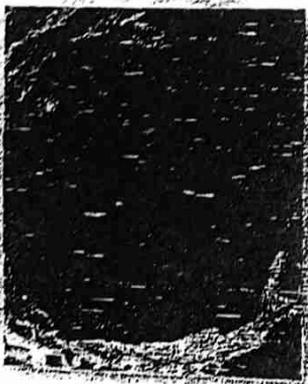


Fig. 6-11. Los glóbulos rojos contienen hemoglobina, que es un transportador de oxígeno.

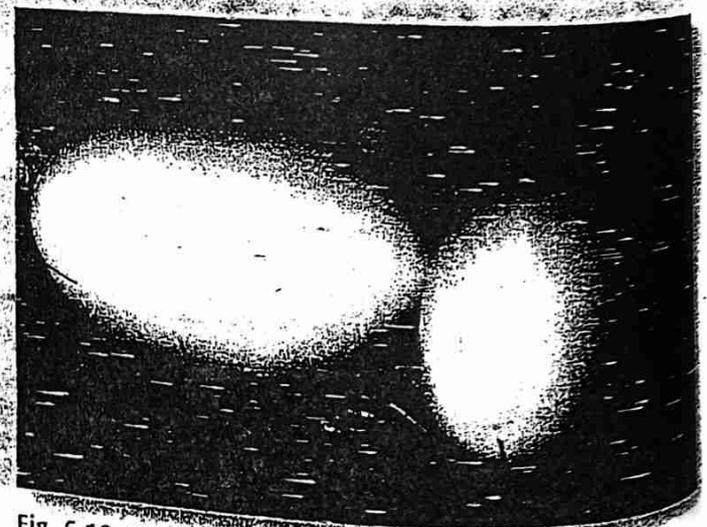


Fig. 6-10. Huevos de avestruz, con gran contenido en albúmina (ovoalbúmina).



Fig. 6-12. Estructura tridimensional de la peroxidasa.

## Funciones "a distancia" de las proteínas

- ▶ **Función enzimática.** Muchas proteínas globulares, como las catalasas, las permeasas, las peroxidasas y los citocromos, son capaces de acelerar la velocidad de las reacciones químicas, es decir, actúan como catalizadores biológicos. Por ejemplo, la pepsina rompe las proteínas en péptidos pequeños, y la renina separa la leche en fracciones líquidas y sólidas, mientras que la lipasa actúa sobre las grasas (figura 6-12).
- ▶ **Función hormonal.** Estas proteínas permiten regular la actividad fisiológica y metabólica de las células, y actúan como mensajeros químicos que disparan acciones determinadas en los órganos blanco. En esta categoría se incluyen la insulina, la tiroxina y la hormona del crecimiento (figura 6-13).
- ▶ **Función de defensa.** Algunas proteínas defienden el organismo ante una invasión o agresión externa. Los anticuerpos son proteínas que permiten reconocer y neutralizar bacterias y virus. La trombina y el fibrinógeno, por su parte, son proteínas que actúan en la coagulación de la sangre (figura 6-14).



Fig. 6-13. La insulina, la tiroxina y la hormona del crecimiento regulan la talla final que alcanzan las personas.



Fig. 6-14. Estructura de un anticuerpo.

### ACTIVIDADES

7. Tanto la insulina como la tiroxina pertenecen a la familia de las proteínas. Sin embargo, hay una diferencia sustancial entre ellas. Investiga su estructura y averigua cuál es.

# Las enzimas: una introducción

Las enzimas son importantes proteínas cuya función es **acelerar la velocidad** de las reacciones químicas (figura 6-15). Muchas reacciones no podrían ocurrir en las condiciones de pH neutro y de temperatura del cuerpo si no fueran catalizadas por las enzimas. Pero, por otra parte, las enzimas requieren para su actividad óptima, un pH y una temperatura determinados.

La inmensa mayoría de las enzimas son proteínas globulares, y su función depende de su estructura tridimensional.

Existe un lugar en el interior de las enzimas que se conoce como **sitio activo** (figura 6-16) donde se fija, por interacciones débiles, la molécula sobre la que actúa específicamente la enzima, denominada **sustrato**. La unión del sustrato con la enzima (**complejo enzima-sustrato**) puede inducir un cambio de conformación (una ligera alteración de la estructura enzimática) que permite una mejor interacción del complejo.

Algunas enzimas, además de la cadena polipeptídica, contienen grupos prostéticos. La figura 6-17 resume algunos términos utilizados para designar los componentes de una enzima.

Apoenzima + grupo prostético = holoenzima

## Clasificación de las enzimas

Es muy usual denominar las enzimas empleando el nombre de la función que desempeñan y la terminación "-asa". Pero la gran cantidad de enzimas descubiertas hace difícil establecer una nomenclatura sistemática, de allí que se utilicen cuatro dígitos para especificar, entre otras cosas, el tipo de reacción que regula cada enzima. Las enzimas pueden clasificarse, de acuerdo con la reacción que catalizan, en seis grandes grupos:

► **Oxidoreductasas:** reacciones en las que se transfieren electrones.

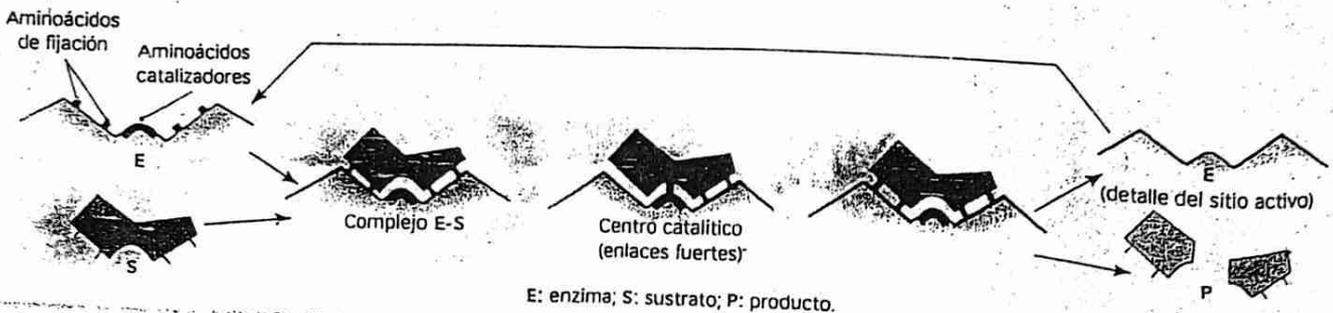


Fig. 6-15. Esquema de funcionamiento de una enzima.

- **Transferasas:** reacciones en las que se transfieren grupos químicos.
- **Hidrolasas:** reacciones de hidrólisis.
- **Liasas:** adición de grupos a dobles enlaces o formación de dobles enlaces por eliminación de grupos.
- **Isomerasas:** transferencia de grupos dentro de moléculas que dan formas isoméricas.
- **Ligasas:** formación de enlaces C-C, C-S, C-O y C-N mediante reacciones de condensación.

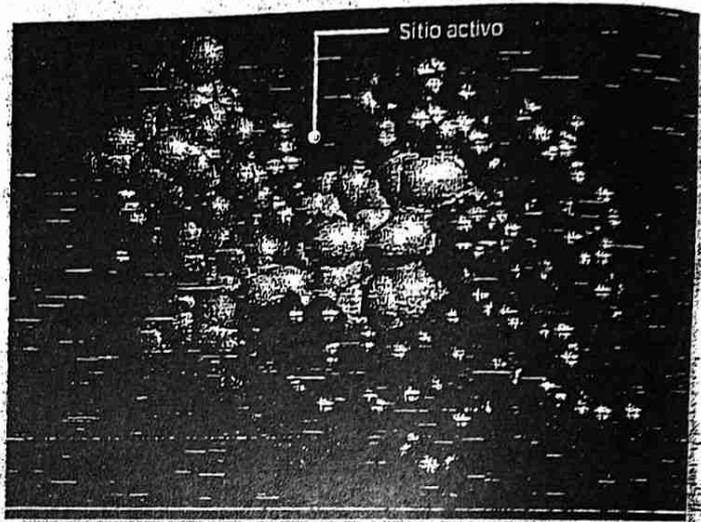


Fig. 6-16. El sitio activo de una enzima es la zona donde el sustrato se une específicamente.

Nombre	Significado
Cofactor	Ion inorgánico, por ejemplo, $Fe^{2+}$ , $Mg^{2+}$ o $Mn^{2+}$ .
Coenzima	Grupo orgánico u organometálico.
Grupo prostético	Grupo que acompaña a la cadena peptídica y que puede ser un cofactor o una coenzima.
Apoenzima	Cadena peptídica de la enzima, también llamada apoproteína.
Holoenzima	Conjunto formado por la apoenzima y el grupo prostético.

Fig. 6-17. Componentes de un sistema enzimático.

# Tabla Periódica de los Elementos

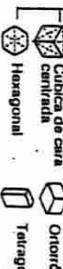
Los pesos o masas atómicas están basados en  $^{12}\text{C}$  al que se le asignó una masa atómica relativa de 12

Las masas atómicas que figuran entre paréntesis indican la masa atómica del isótopo conocido, más estable.  $Z = N^{\circ}$  atómico

Nombre  
Electronegatividad  
Estado de oxidación  
Distribución de electrones en niveles (se incluyen los subniveles desde el n de período)

Simbolo  
Elementos Naturales  
Elementos Artificiales - Rojo

Masa atómica  $Z \cdot A$   
Estructura Cristalina



METALES

POBRES

Verde: Gases  
Azul: Líquidos  
Negro: Sólidos

\* Los valores para los elementos gaseosos corresponden al estado líquido en el punto de ebullición

1 H 1.00794 HIDROGENO (I A)	2 He 4.00260 HELIO (I A)	3 Li 6.941 LITIO (II A)	4 Be 9.012182 BERILIO (II A)	5 B 10.811 BORO (III A)	6 C 12.01115 CARBONO (IV A)	7 N 14.00643 NITROGENO (V A)	8 O 15.9994 OXIGENO (VI A)	9 F 18.9984032 FLUOR (VII A)	10 Ne 20.1797 NEON (VII A)	11 Na 22.98976928 SODIO (I A)	12 Mg 24.304 MAGNESIO (II A)	13 Al 26.9815386 ALUMINO (III A)	14 Si 28.0855 SILICIO (IV A)	15 P 30.973762 FOSFORO (V A)	16 S 32.065 AZUFRE (VI A)	17 Cl 35.453 CLORO (VII A)	18 Ar 39.9624 ARGON (VIII A)	19 K 39.0983 POTASIO (I A)	20 Ca 40.078 CALCIO (II A)	21 Sc 44.955912 ESCANDIO (III B)	22 Ti 47.88 TITANIO (IV B)	23 V 50.9415 VANADIO (V B)	24 Cr 51.9961 CROMO (VI B)	25 Mn 54.938044 MANGANESE (VII B)	26 Fe 55.845 HIERRO (VIII)	27 Co 58.933195 COBALTO (VIII)	28 Ni 58.6934 NIQUEL (VIII)	29 Cu 63.546 COBRE (IB)	30 Zn 65.38 ZINC (IIB)	31 Ga 69.723 GALIO (III B)	32 Ge 72.6305 GERMANIO (IV B)	33 As 74.9216 ARSENICO (V B)	34 Se 78.96 SELENIO (VI B)	35 Br 79.904 BROMO (VII B)	36 Kr 83.80 KRIPTON (VIII B)	37 Rb 85.4678 RUBIDIO (I A)	38 Sr 87.62 ESTRONCIO (II A)	39 Y 88.905848 ITRIO (IIIB)	40 Zr 91.224 ZIRCONIO (IVB)	41 Nb 92.90638 NIOBIO (VB)	42 Mo 95.94 MOLIBDENO (VIB)	43 Tc 98.90625 TECNICIO (VI B)	44 Ru 101.07 RUTENIO (VIII)	45 Rh 102.90550 RADIO (VIII)	46 Pd 106.42 PALADIO (VIII)	47 Ag 107.8682 PLATA (IB)	48 Cd 112.411 CADMIO (IIB)	49 In 114.818 INDIO (IIB)	50 Sn 118.710 ESTAÑO (IIB)	51 Sb 121.757 ANTIMONIO (VB)	52 Te 127.603 TELURIO (VIB)	53 I 126.90549 YODO (VII B)	54 Xe 131.29 XENON (VIII B)	55 Cs 132.90545196 CESIO (I A)	56 Ba 137.327 BARIO (II A)	57-71 LANTANIDOS (IIIB)	72 Hf 178.49 HAFNIO (IVB)	73 Ta 180.94788 TANTALO (VB)	74 W 183.84 WOLFRAMIO (VIB)	75 Re 186.207 RENEO (VIB)	76 Os 190.23 OSMIO (VIII)	77 Ir 192.222 IRIDIO (VIII)	78 Pt 195.084 PLATINO (VIII)	79 Au 196.966569 ORO (IB)	80 Hg 200.59 MERCURIO (IIB)	81 Tl 204.37 TALIO (IIB)	82 Pb 207.19 PLOMO (IIB)	83 Bi 208.9804 BISMUTO (IIB)	84 Po 209 POLONIO (IIB)	85 At 210 ASTATO (VII B)	86 Rn 222 RADON (VIII B)	87-111 ACTINIDOS (IIIB)	112 Uub 288 UNUNBIVIO (IIB)	113 Uut 288 UNUNTRIVIO (IIB)	114 Uuq 288 UNUNQUADRO (IIB)	115 Uup 288 UNUNPENTIO (IIB)	116 Uuh 288 UNUNHEXIO (IIB)	117 Uus 288 UNUNSEPTIO (IIB)	118 Uuo 288 UNUNOCTIO (IIB)
---	--------------------------------------	-------------------------------------	--	-------------------------------------	---	--	--	--	--	---	--	--	--	--	---------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	---	-------------------------------------	------------------------------------	--	---	--	--	--	--	---	--	---	---	--	---	--	---	--	---	---------------------------------------	--	---------------------------------------	--	--	---	---	---	--	--	-------------------------------	---------------------------------------	--	---	---------------------------------------	---------------------------------------	---	--	---------------------------------------	---	--------------------------------------	--------------------------------------	--	-------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------	---	--	--	--	---	--	---

ELEMENTOS DE TRANSICIÓN INTERNA (Subnivel f)

57-71 LANTANIDOS (IIIB)	72-81 ACTINIDOS (IIIB)
-------------------------------	------------------------------

ELEMENTOS DE TRANSICIÓN INTERNA (Subnivel g)

82-118 ACTINIDOS (IIIB)
-------------------------------

ELEMENTOS REPRESENTATIVOS (Subnivel p)

119-118 ACTINIDOS (IIIB)
--------------------------------

PERIODO

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

Elementos: 110, 111, 112, 114, 116 y 118 aguardan homologación de IUPAC.  
Elementos 113, 115, 117, 119 y siguientes, poseen estudios teóricos.



## UNIONES O ENLACES QUÍMICOS

TIPO DE ENLACE	CUÁNDO SE PRODUCE	CARACTERÍSTICAS	EJEMPLOS
<b>ENLACE IÓNICO O ELECTRO-VALENTE</b>	Se produce cuando reacciona generalmente un elemento muy electronegativo de elevada afinidad electrónica tales como los halógenos; oxígeno y azufre, con un elemento muy electropositivo de bajo potencial de ionización tales como los metales de los grupos IA y IIA, es decir: Li; Na; K; Rb; Cs; Fr (IA) Be; Mg; Ca; Sr; Ba; Ra (IIA)	1°) Se caracteriza por la transferencia neta o total de uno ó más electrones, desde el metal hacia el halógeno, oxígeno, azufre. 2°) El metal al perder electrones asume carga positiva y se transforma en un catión (+). Por Ej.: $Na^+$ ; $K^+$ ; $Ca^{++}$ . 3°) Por el contrario, el halógeno o el azufre toman electrones y adquieren carga eléctrica negativa transformándose en un anión (-). Por Ej.: $F^-$ ; $Cl^-$ ; $Br^-$ ; $O^{=}$ ; $S^{=}$ . 4°) Estos iones se atraen eléctricamente por tener cargas opuestas y se produce la unión entre iones, de allí que se la denomina enlace iónico o electrovalente. Ej. $Na^+ Cl^-$ ; $K^+ I^-$ ; $Ca^{++} S^{=}$	Na Cl Li Br K <sub>2</sub> S Ca Cl <sub>2</sub> Ba I <sub>2</sub> Rb F Na <sub>2</sub> O
<b>ENLACE COVALENTE PURO (NO POLAR; APOLAR; HOMONUCLEAR)</b>	Se genera cuando se enlazan elementos idénticos entre sí. Esta unión se produce solo en el hidrógeno y en los no metales. Por ejemplo: a) Hidrógeno con Hidrógeno b) Cloro con Cloro c) Nitrógeno con Nitrógeno	1°) Como se unen átomos idénticos entre sí, ambos poseen idéntica electro-negatividad, y por esta causa los electrones serán atraídos por ambos núcleos con igual fuerza eléctrica, siendo compartidos simultáneamente por los átomos enlazados. 2°) El enlace puro o no polar puede ser: a) Simple: si es que se comparte sólo un par de electrones (H-H) b) Múltiples: si es que se comparten dos o más pares de electrones (O=O; N≡N)	H <sub>2</sub> F <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> Br <sub>2</sub> I <sub>2</sub> S <sub>8</sub>
<b>ENLACE COVALENTE POLAR</b>	Se produce entre no metales diferentes (CO; CO <sub>2</sub> ; N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) ó bien entre metales y no metales que no cumplen el requisito del enlace iónico, es decir cuya diferencia de electronegatividades no sea tan marcada.	1°) La transferencia de electrones desde un átomo a otro, es sólo parcial; los electrones se desplazan desde un átomo más electropositivo o menos electronegativo hacia el átomo más electronegativo, de mayor afinidad electrónica. 2°) Por ejemplo, el cloro es más electronegativo que el hidrógeno razón por la cual el par de electrones que comparten pasará más tiempo en las proximidades del núcleo de cloro, surgirá en éste átomo una densidad de carga negativa. &tilde; 3°) A su vez, en el hidrógeno aparecerá una densidad de carga positiva $\delta^+$ por haber cedido parcialmente su electrón. 4°) Estas dos densidades de carga constituyen un dipolo eléctrico.	CO; NH <sub>3</sub> ; H <sub>2</sub> O HCl; HBr; HI SO <sub>2</sub> ; CO <sub>2</sub> ; PBr <sub>3</sub> $H^{\delta+} \rightarrow Cl^{\delta-}$ Dipolo Eléctrico
<b>ENLACE COVALENTE DATIVO O COORDINADO</b>	Se produce cuando un átomo de una molécula dispone de electrones libres no enlazados y los cede a otro átomo, ión o molécula que los necesita para completar su octeto o dueto de electrones.	1°) Por ejemplo: el nitrógeno tiene en su capa de valencia cinco electrones, y en el amoniaco sólo utiliza tres de estos electrones para unirse en forma covalente polar con tres átomos de hidrógeno, razón por la cual tendrá dos electrones libres no enlazados. 2°) El catión hidrógeno (H <sup>+</sup> ) necesita tomar dos electrones para completar su primer nivel de energía, de allí que tomará los dos electrones no enlazados del nitrógeno formando la unión dativa o coordinada.	$  \begin{array}{ccc}  \begin{array}{c} H : \overset{\cdot\cdot}{N} : H \\   \\ H \end{array} & + & \begin{array}{c} + \\ H \end{array} \\  \begin{array}{c} H : \overset{\cdot\cdot}{N} : H \\   \\ H \end{array} & + & H \\  \text{(Amoniaco)} & & \text{(Cation Amoniaco)}  \end{array}  $ $  \begin{array}{c}  H \quad + \\    \quad   \\  H : \overset{\cdot\cdot}{N} : H \\    \quad   \\  H \quad H  \end{array}  \longrightarrow  \begin{array}{c}  H \quad + \\    \quad   \\  H : \overset{\cdot\cdot}{N} : H \\    \quad   \\  H \quad H  \end{array}  \longrightarrow  \begin{array}{c}  H \quad + \\    \quad   \\  H : \overset{\cdot\cdot}{N} : H \\    \quad   \\  H \quad H  \end{array}  $