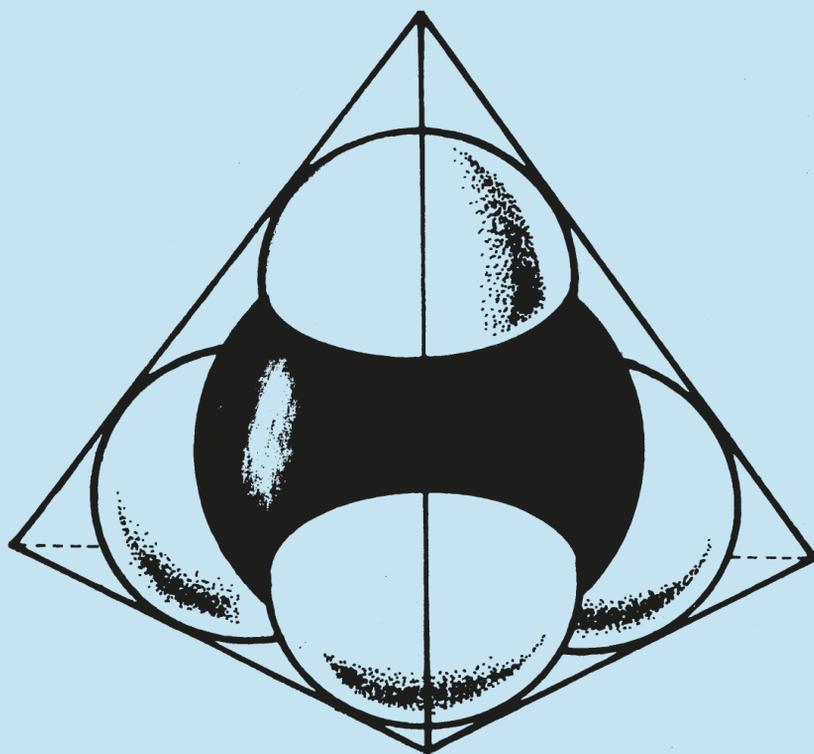


LIBRO DE DISTRIBUCIÓN GRATUITA. PROHIBIDA SU VENTA



Química

Parte 1

12º grado

QUÍMICA

Duodécimo grado

Parte 1

Lic. Orlando M. Sánchez Varona
Dra. María del Carmen Pina Luis



Editorial
Pueblo y Educación

Este libro forma parte del conjunto de trabajos dirigidos al Perfeccionamiento Continuo del Sistema Nacional de Educación en la Educación General Politécnica y Laboral. Ha sido elaborado por un colectivo de autores integrado por metodólogos, maestros, profesores y especialistas, y revisado por la subcomisión correspondiente de la Comisión Permanente para la Revisión de Planes, Programas y Textos de Estudio del Instituto Central de Ciencias Pedagógicas del Ministerio de Educación.

Colaboración: *M.C. Octavio Pérez Marrero*

Edición: *Prof. María Echevoy Zapata*
Diseño: *Sonia Acosta Milián*
Ilustración: *José Carlos Chateloin Soto*
Corrección: *Lourdes Díaz Castro*
Realización: *Sonia Rodríguez García*
Emplane: *Santiago Rodríguez García*

Segunda edición corregida, 1999

© Ministerio de Educación, 1991
© Editorial Pueblo y Educación, 1991

ISBN 959-13-0717-9 (Obra completa)
ISBN 959-13-0718-7 (Parte 1)

EDITORIAL PUEBLO Y EDUCACIÓN
Ave. 3ra. A No. 4605 entre 46 y 60,
Playa, Ciudad de La Habana,
Cuba. CP 11300.

Orientaciones

El libro de Química que corresponde al duodécimo grado ha sido elaborado sobre la base de los conocimientos adquiridos por los estudiantes en grados anteriores, en todas las asignaturas, que, de una forma u otra contribuyen al mejor estudio y comprensión de la Química. Se ha tomado en cuenta todo lo valioso del programa anterior, avalado por la práctica escolar.

En este grado se complementan los conocimientos adquiridos sobre las sustancias mediante el estudio de la Química Orgánica.

El texto está dividido en siete capítulos, que se corresponden con el programa oficial de este grado. La lógica sucesión de los capítulos que en este se desarrollan permite continuar ampliando los conocimientos sobre la sustancia y la reacción química. Los capítulos están estructurados de forma tal que cada uno comienza con una breve introducción. A continuación el desarrollo de los capítulos está dividido en epígrafes, numerados consecutivamente, desde el primero hasta el último.

Al final de cada epígrafe aparece una relación de ejercicios que se identifica con tres signos de interrogación, ???, los cuales contribuirán a la ejercitación de los aspectos estudiados.

Cada capítulo contiene al final un resumen de ejercicios que contribuye a la consolidación, ejercitación y generalización de los contenidos de los temas tratados.

En el texto se utilizan la simbología y las unidades recomendadas por el Sistema Internacional de Unidades (SI). También aparecen tablas, gráficas y esquemas que usted debe analizar e interpretar, para luego extraer conclusiones.

Después del último capítulo se encuentran las “Orientaciones generales para el trabajo en el laboratorio”, las cuales resultarán de gran ayuda para la seguridad personal y colectiva, el cuidado de las sustancias y los equipos, y la correcta manipulación de los materiales con los cuales van a trabajar.

A continuación de estas orientaciones se relacionan los experimentos de clase y las prácticas de laboratorio que contribuirán a desarrollar aún más sus habilidades para manipular las sustancias y los equipos, sus hábitos de orden y limpieza en el puesto de trabajo y la correcta observación e interpretación de los procesos y fenómenos que se estudian.

En las prácticas de laboratorio y los experimentos de clase aparecen los respectivos procedimientos, que al ser estudiados antes de llevar a efecto su realización, ahorran un tiempo considerable, ya que la explicación por parte del profesor se reduce al mínimo y, por tanto, el trabajo del alumno se hace más independiente, a la vez que se aumenta el aprovechamiento de la clase.

Consideramos que el texto debe servir de gran ayuda al estudiante, complementado con las notas de clase y el estudio del contenido desarrollado en cada una; por eso debe ser utilizado, no sólo en el estudio individual, sino diariamente en la clase.

Al inicio se encuentra la Tabla periódica de 18 columnas, cuyos datos serán utilizados en la resolución de muchos de los problemas propuestos en el texto y en la parte final hemos incluido el Apéndice: 1. Tabla de masas atómicas relativas de los elementos y 2. Tabla de masas molares de algunas sustancias.

Índice

Tabla periódica de los elementos químicos / VIII

Introducción / X

1 Hidrocarburos. Hidrocarburos saturados / 1

Introducción / 1

1.1 *Hidrocarburos. Clasificación / 1*

1.2 *Hidrocarburos saturados. Serie homóloga. Propiedades físicas de los alcanos. Estructura / 3*

1.3 *Nomenclatura y notación química de los alcanos / 8*

1.4 *Isomería en los alcanos / 11*

1.5 *Propiedades químicas de los alcanos / 14*

1.6 *Obtención de los alcanos / 19*

1.7 *Aplicaciones de los alcanos / 20*

Resumen de ejercicios / 21

2 Hidrocarburos no saturados. Hidrocarburos aromáticos / 24

Introducción / 24

2.1 *Alquenos. Serie homóloga. Propiedades físicas. Estructura / 24*

2.2 *Nomenclatura y notación química de los alquenos / 28*

2.3 *Isomería en los alquenos / 29*

2.4 *Propiedades químicas de los alquenos / 31*

2.5 *Obtención de los alquenos / 37*

2.6 *Aplicaciones de los alquenos / 37*

2.7 *Alquinos. Serie homóloga. Propiedades físicas. Estructura / 38*

2.8 *Nomenclatura. Notación química e isomería en los alquinos / 41*

2.9 *Propiedades químicas de los alquinos / 42*

2.10 *Obtención del etino / 44*

2.11 *Aplicaciones del etino / 44*

2.12 *Hidrocarburos aromáticos. El benceno. Propiedades. Estructura / 45*

2.13 *Propiedades químicas del benceno / 48*

2.14 *Aplicaciones del benceno / 49*

Resumen de ejercicios / 49

3 Alcoholes / 53

Introducción / 53

3.1 *Alcoholes. Clasificación / 53*

3.2 *Serie homóloga de los alcoholes monohidroxilados. Propiedades físicas. Estructura / 54*

3.3 *Nomenclatura y notación química de los alcoholes monohidroxilados / 58*

3.4 *Isomería de los alcoholes monohidroxilados / 59*

3.5 *Propiedades químicas de los alcoholes monohidroxilados / 61*

3.6 *Obtención de alcoholes monohidroxilados / 65*

3.7 *Aplicaciones de los alcoholes / 67*

3.8 *Relación de transformación entre alcanos, alquenos, derivados halogenados y alcoholes monohidroxilados / 68*

Resumen de ejercicios / 68

4 Aldehídos y cetonas / 72

Introducción / 72

4.1 *Serie homóloga de los aldehídos y las cetonas. Propiedades físicas. Estructura / 72*

4.2 *Nomenclatura y notación química de los aldehídos y las cetonas / 75*

4.3 *Isomería de los aldehídos y las cetonas / 76*

4.4 *Propiedades químicas de los aldehídos y las cetonas / 78*

4.5 *Obtención de los aldehídos y las cetonas / 80*

4.6 *Aplicaciones de los aldehídos y las cetonas / 81*

Resumen de ejercicios / 81

5 Ácidos monocarboxílicos / 84

Introducción / 84

5.1 *Ácidos monocarboxílicos. Serie homóloga. Propiedades físicas. Estructura / 84*

5.2 *Nomenclatura y notación química de los ácidos monocarboxílicos / 88*

5.3 *Propiedades químicas de los ácidos monocarboxílicos. Ésteres / 89*

5.4 *Aplicaciones de los ácidos monocarboxílicos / 91*

5.5 *Relación de transformación entre los hidrocarburos, los derivados halogenados, los alcoholes, los aldehídos, las cetonas, los ácidos y los ésteres / 93*

Resumen de ejercicios / 94

6 Aminas / 96

Introducción / 96

6.1 *Aminas. Clasificación. Propiedades físicas. Estructura / 96*

6.2 *Nomenclatura y notación química de las aminas / 100*

6.3 *Propiedades químicas de las aminas / 100*

6.4 *Aplicaciones de las aminas / 103*

Resumen de ejercicios / 103

7 Carbohidratos y aminoácidos / 105

Introducción / 105

7.1 *Carbohidratos o sacáridos. Clasificación. Propiedades físicas / 105*

7.2 *Monosacáridos: Glucosa. Estructura. Propiedades químicas. Aplicaciones / 107*

7.3 *Disacáridos. Estudio de la sacarosa. Propiedades físicas. Estructura. Propiedades químicas. Industria azucarera. Aplicaciones de la sacarosa / 109*

7.4 *Aminoácidos. Propiedades físicas. Estructura / 112*

7.5 *Propiedades químicas de los aminoácidos. Formación de péptidos. Aplicaciones / 114*

Resumen de ejercicios / 117

Orientaciones generales para el trabajo en el laboratorio / 118

Medidas generales de precaución / 119

Experimentos de clase / 124

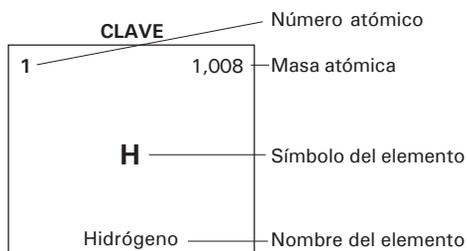
Prácticas de laboratorio / 131

Apéndice / 137

1. Tabla de masas atómicas relativas de los elementos / 137

2. Tabla de masas molares de algunas sustancias / 141

Tabla periódica de los elementos químicos



1 1,008 H Hidrógeno										
3 6,94 Li Litio	4 9,01 Be Berilio									
11 22,99 Na Sodio	12 24,31 Mg Magnesio									
19 39,10 K Potasio	20 40,08 Ca Calcio	21 44,96 Sc Escandio	22 47,90 Ti Titanio	23 50,94 V Vanadio	24 51,996 Cr Cromo	25 54,94 Mn Manganeso	26 55,85 Fe Hierro	27 58,93 Co Cobalto	28 58,71 Ni Níquel	
37 85,47 Rb Rubidio	38 87,62 Sr Estroncio	39 88,91 Y Itrio	40 91,22 Zr Circonio	41 92,91 Nb Niobio	42 95,94 Mo Molibdeno	43 (99) Tc Tecnecio	44 101,07 Ru Rutenio	45 102,91 Rh Rodio	46 106,4 Pd Paladio	
55 132,91 Cs Cesio	56 137,34 Ba Bario	* abajo 57-71	72 178,49 Hf Hafnio	73 180,95 Ta Tantalio	74 183,85 W Wolframio	75 186,2 Re Renio	76 190,2 Os Osmio	77 192,2 Ir Iridio	78 195,09 Pt Platino	
87 (223) Fr Francio	88 (226) Ra Radio	* abajo 89-103	104 (257) Rf Unnilquadium	105 (260) Ha Unnilpentium	106 Unh Unnilhexium	107 Uns Unnilheptium				

57 133,91 La Lantano	58 140,12 Ce Cerio	59 140,91 Pr Praseodimio	60 144,24 Nd Neodimio	61 (147) Pm Prometio	62 150,35 Sm Samario	63 151,96 Eu Europio	64 157,25 Gd Gadolinio
89 (227) Ac Actinio	90 232,04 Th Torio	91 (231) Pa Protactinio	92 238,03 U Uranio	93 (237) Np Neptunio	94 (242) Pu Pluonio	95 (243) Am Americio	96 (247) Cm Curio

									2 4,003 He Helio
		5 10,81 B Boro	6 12,01 C Carbono	7 14,007 N Nitrógeno	8 15,999 O Oxígeno	9 18,998 F Flúor	10 20,18 Ne Neón		
		13 26,98 Al Aluminio	14 28,09 Si Silicio	15 30,97 P Fósforo	16 32,06 S Azufre	17 35,45 Cl Cloro	18 39,94 Ar Argón		
29 63,54 Cu Cobre	30 65,37 Zn Cinc	31 69,72 Ga Galio	32 72,59 Ge Germanio	33 74,92 As Arsénico	34 78,96 Se Selenio	35 79,91 Br Bromo	36 83,80 Kr Criptón		
47 107,87 Ag Plata	48 112,40 Cd Cadmio	49 114,82 In Indio	50 118,69 Sn Estaño	51 121,75 Sb Antimonio	52 127,60 Te Telurio	53 126,90 I Yodo	54 131,30 Xe Xenón		
79 196,97 AU Oro	80 200,59 Hg Mercurio	81 204,37 Tl Talio	82 207,19 Pb Plomo	83 208,98 Bi Bismuto	84 (210) Po Polonio	85 (210) At Astatio	86 (222) Rn Radón		

65 158,92 Tb Terbio	66 162,50 Dy Disprobio	67 164,93 Ho Holmio	68 167,26 Er Erbio	69 168,93 Tm Tulio	70 173,04 Yb Iterbio	71 174,97 Lu Lutecio
97 (247) Bk Berkelio	98 (249) Cf Californio	99 (254) Es Einsteinio	100 (253) Fm Fermio	101 (256) Md Mendelevio	102 (256) No Nobelio	103 (257) Lw Lawrencio

Introducción

En la actualidad existen 4,5 millones de sustancias químicas y de ellas 4 millones contienen carbono. Los compuestos de este elemento tienen amplio uso industrial y tecnológico en el mundo moderno.

El carbono es un elemento químico de extraordinaria importancia, la mayoría de sus compuestos constituyen la base de los organismos vivos, incluyendo al propio hombre. La propiedad del átomo de carbono de unirse con él o con átomos de otros elementos, es la causa de la gran cantidad de compuestos de este elemento que se conocen. Entre ellos se encuentran los hidrocarburos, los alcoholes, los carbohidratos y las proteínas, las cuales difieren en muchas de sus propiedades de otros compuestos del carbono ya estudiados, como son sus óxidos, los hidrogenocarbonatos y los carbonatos. Estos se clasifican como compuestos inorgánicos mientras que los primeros se conocen como sustancias orgánicas. La química orgánica es una rama de la ciencia química que estudia las estructuras, propiedades, métodos de obtención, etc., de estas sustancias. La química orgánica también recibe el nombre de química del carbono, pues todos los compuestos orgánicos poseen como elemento común el carbono.

No es hasta el siglo XIX que la química orgánica adquiere el carácter de ciencia con los trabajos, entre otros, de los científicos F. Wöhler, quien demostró en 1828, que podían obtenerse sustancias orgánicas a partir de sustancias inorgánicas* sin la intervención de organismos o fuerza vital alguna, y A. M. Butlerov, quien en 1861 presentó sus trabajos relacionados con la teoría de la estructura química. Las propiedades de las sustancias orgánicas dependen fundamentalmente de los enlaces existentes entre los átomos que los forman, así como de su disposición espacial.

Estas sustancias presentan enlaces covalentes muy fuertes entre sus átomos, por lo que realmente sus reacciones son lentas y tienen una alta energía de activación. Esto determina que para su producción de manera apreciable muchas de ellas requieran de la presencia de un catalizador. Son generalmente apolares, por lo que son poco solubles en disolventes polares como el agua, y tienen bajas temperaturas de fusión y de ebullición debido a que las intersecciones entre sus moléculas son débiles. Son malas conductoras de la corriente eléctrica. Las propiedades anteriores corresponden a compuestos moleculares.

El hombre de hoy es capaz de producir los plásticos, las medicinas, los colorantes, las proteínas e infinidad de otras sustancias, gracias a la química orgánica.

El estudio de la química orgánica brinda infinitas posibilidades en la solución de diversos problemas que constituyen necesidades del mundo moderno.

* F. Wöhler obtuvo, además, por primera vez una sustancia orgánica, la urea (CON_2H_2) a partir del calentamiento de una sustancia inorgánica, el cianato de amonio (NH_4CON). Esto fue un duro golpe a las teorías de la época que consideraban que las sustancias orgánicas solo se podían obtener por los organismos vivos bajo la influencia de un "soplo vital" especial.

1 HIDROCARBUROS. HIDROCARBUROS SATURADOS

INTRODUCCIÓN

Seguramente usted conoce las sustancias que se mencionan a continuación.

Gasolina. Es una sustancia líquida que se utiliza como combustible y disolvente.

Aceites lubricantes. También reciben el nombre de petrolatos líquidos, se emplean en la fabricación de cosméticos y como laxantes.

Parafina. Es una mezcla de sustancias sólidas que se usa para parafinar papeles, aumentar la consistencia de ungüentos y fabricar velas.

Muchas sustancias de gran interés que se estudian en este capítulo se conocen como hidrocarburos, de ellas se podrá conocer ¿qué estructura tienen dichas sustancias?, ¿cómo se pueden obtener?, ¿cuáles se derivan de ellas? Además, se estudiará la naturaleza de los enlaces carbono-carbono en los diferentes tipos de hidrocarburos y el conjunto de pasos mediante los cuales las moléculas de las sustancias reaccionantes se convierten en productos.

1.1 Hidrocarburos. Clasificación

Los principales constituyentes de las sustancias orgánicas son el carbono, el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno (C, H, O, N). Con frecuencia también aparecen el azufre, el fósforo, el cloro, etcétera.

Los compuestos orgánicos que están constituidos solo por carbono e hidrógeno reciben el nombre de hidrocarburos.

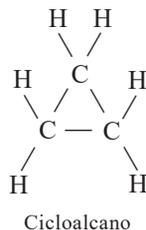
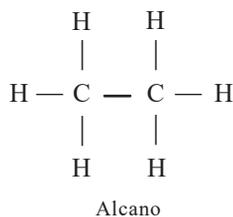
Teniendo en cuenta su composición los hidrocarburos son los compuestos orgánicos más sencillos.

Clasificación

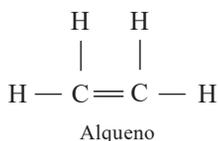
Atendiendo a la estructura química de sus moléculas los hidrocarburos se clasifican según el tipo de enlace entre los átomos de carbono y la forma de la cadena carbonada de la manera siguiente:

- Según el tipo de enlace entre los átomos de carbono, en hidrocarburos saturados y no saturados.
- Según la forma de la cadena carbonada en hidrocarburos alifáticos y cíclicos.

En los *hidrocarburos saturados* los enlaces carbono-carbono son simples. Ejemplos de estos son los alcanos y los cicloalcanos:



En los *hidrocarburos no saturados* hay, al menos, un doble enlace o un triple enlace entre dos de los átomos de carbono de la cadena. Entre estos se encuentran los alquenos (poseen un doble enlace) y los alquinos (tienen un triple enlace).



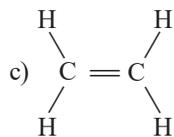
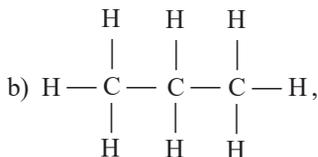
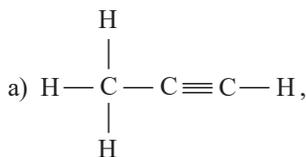
En los *hidrocarburos alifáticos o alicíclicos* sus cadenas carbonadas son abiertas (lineales o ramificadas), como ocurre en los alcanos, los alquenos y los alquinos.

Los *hidrocarburos cíclicos* tienen cadena cerrada y pueden ser alicíclicos, por ejemplo, los cicloalcanos, y aromáticos. Estos últimos están relacionados con el benceno.

???

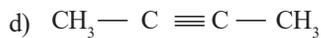
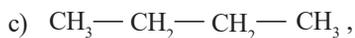
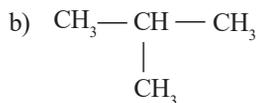
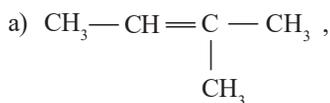
1.1 Resuma en un cuadro la clasificación de los hidrocarburos, atendiendo a su estructura química desde los dos puntos de vista estudiados.

1.2 A continuación se representan las cadenas carbonadas de tres compuestos.



¿Cuál de ellas corresponde a un hidrocarburo saturado? Explique.

1.3 Las fórmulas de cuatro hidrocarburos son:



- 1) Clasifique los hidrocarburos representados en alcanos, alquenos y alquinos.
- 2) ¿Qué analogía y qué diferencia se manifiesta en las estructuras químicas de estos compuestos?

1.2 *Hidrocarburos saturados. Serie homóloga. Propiedades físicas de los alcanos. Estructura*

Como ya se informó anteriormente, los hidrocarburos saturados se clasifican en alcanos y cicloalcanos.

Los alcanos son compuestos con enlaces covalentes, de gran estabilidad. Son sustancias poco polares. Se encuentran en la naturaleza formando parte del petróleo y del gas natural.

Serie homóloga

Una serie de compuestos de una misma función química que tienen estructuras y propiedades semejantes, y que difieren en su composición en uno o varios grupos $-\text{CH}_2-$ forman una serie homóloga.

Los miembros de la serie reciben el nombre de homólogos.

En la tabla 1.1 se representan los cinco primeros miembros de la serie homóloga de los hidrocarburos saturados.

Tabla 1.1

Serie homóloga de alcanos

<i>Fórmula global</i>	<i>Semidesarrollada</i>	<i>Nombre</i>
CH_4	CH_4	metano
C_2H_6	$\text{CH}_3 - \text{CH}_3$	etano
C_3H_8	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	propano
C_4H_{10}	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	butano
C_5H_{12}	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	pentano

La fórmula general de los alcanos es $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ donde n representa el número de átomos de carbono en la molécula.

Propiedades físicas de los alcanos

Los alcanos de cadena lineal que tienen de uno a cuatro átomos de carbono son gases incoloros, de 5 a 17 átomos de carbono son líquidos incoloros y de 18 átomos de carbono en adelante son sólidos incoloros, en general los alcanos no son conductores de la electricidad. Otras propiedades físicas como la viscosidad y la densidad, aumentan con regularidad con el aumento de la masa molar

desde los primeros miembros de una serie. En la tabla 1.2 se muestran algunas propiedades físicas de los primeros cinco miembros de la serie homóloga de los alcanos de cadena lineal.

Tabla 1.2

Propiedades físicas de algunos alcanos de la serie homóloga del metano

Fórmula semidesarrollada	Nombre del compuesto	Densidad g/mL a 20 °C	Temp. de ebullición (°C)	Temp. de fusión (°C)
CH ₄	metano	—	-161,5	-182,5
CH ₃ —CH ₃	etano	—	-88,6	-183,5
CH ₃ —CH ₂ —CH ₃	propano	0,501	-42,1	-187,7
CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₃	butano	0,579	-0,5	-138,4
CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₃	pentano	0,626	36,1	-129,7

El aumento de la temperatura de ebullición en los hidrocarburos de cadena lineal se muestra en la figura 1.1.

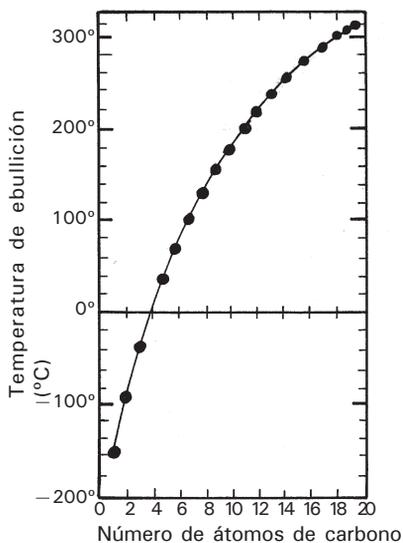


Fig. 1.1 Variación de la temperatura de ebullición de los alcanos de cadena recta, con el aumento del número de átomos de carbono

Estructura

Las propiedades físicas y químicas de los alcanos y de todos los compuestos orgánicos dependen, fundamentalmente, de su estructura, composición cualitativa y cuantitativa, tipo de enlace químico, orden de unión de los átomos en la molécula y disposición espacial de estos.

En las moléculas de los alcanos los átomos de carbono se encuentran enlazados entre sí solamente por enlaces simples, y el mismo tipo de enlace se produce con los átomos de hidrógeno.

El metano, el más sencillo de los alcanos, está formado por un átomo de carbono unido a cuatro átomos de hidrógeno mediante enlaces covalentes energéticamente iguales ($415 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) y separados entre sí por un ángulo de $109^\circ 28'$.

Un átomo de carbono aislado, en su estado de mayor energía, tiene dos electrones no apareados y dos apareados en su último nivel (fig. 1.2).

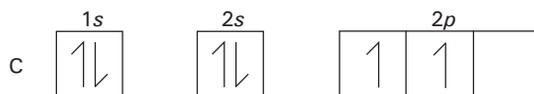


Fig. 1.2 Distribución electrónica de un átomo de carbono aislado

La distribución anterior no justifica la capacidad que posee el carbono de formar cuatro enlaces covalentes energéticamente iguales, lo cual se ha comprobado experimentalmente. Si se considera que el par de electrones del subnivel 2s se desaparea (fig. 1.3), se logra justificar la existencia de los cuatro enlaces hidrógeno-carbono, pero no la igualdad energética, pues en ellos intervienen un orbital *s* y tres orbitales *p* de diferentes energías:

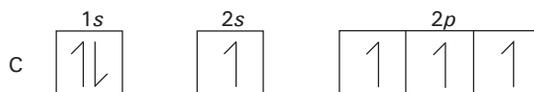


Fig. 1.3 Distribución electrónica de un átomo de carbono con cuatro electrones desapareados en el último nivel

Al considerar la hibridación* del átomo de carbono no sólo se logra justificar la capacidad del carbono de formar cuatro enlaces y la igualdad energética de estos enlaces sino, además, el ángulo entre ellos.

Según este modelo, cuando un orbital *s* se une con tres orbitales *p* se forman cuatro orbitales híbridos sp_3 (fig. 1.4) de igual contenido energético:

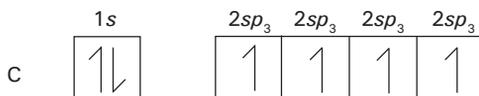


Fig. 1.4 Distribución electrónica de un átomo de carbono con hibridación sp_3

Los cuatro orbitales híbridos sp_3 se encuentran extendidos en el espacio hacia los vértices de un tetraedro regular, de forma que el valor del ángulo que los separa es exactamente de $109^\circ 28'$ (fig. 1.5).

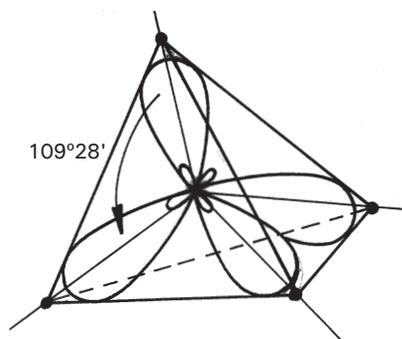


Fig. 1.5 Esquema de la hibridación sp_3 del átomo de carbono. Cada orbital híbrido está representado por una nube electrónica

* Hibridación es la combinación de orbitales puros formando igual número de orbitales híbridos.

La representación tridimensional de la molécula de metano, también se puede realizar como se muestra en la figura 1.6.

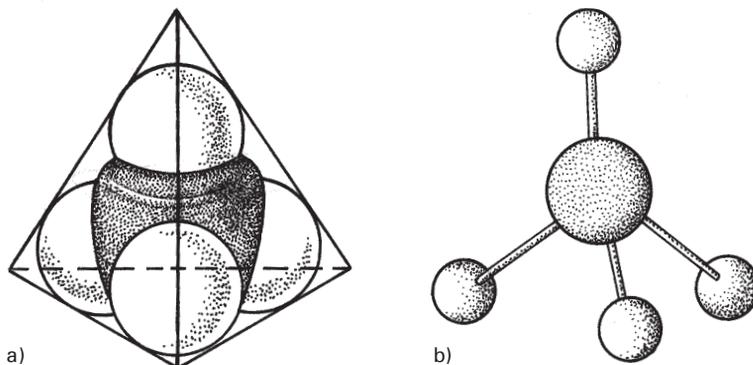


Fig. 1.6 La molécula de metano tiene una estructura tetraédrica: a) modelo de calotas; b) modelo de bolas y vástagos

Los enlaces en las moléculas de los alcanos se forman mediante la superposición de un orbital sp_3 de un átomo de carbono con un orbital sp_3 de otro átomo de carbono o de un orbital s de un átomo de hidrógeno. Estos enlaces son del tipo sigma (σ) y se presentan en todos los alcanos.

Cuando se unen más de dos átomos de carbono, estos no se sitúan en línea recta, sino que a partir de tres átomos, estas cadenas lineales toman forma de zigzag (fig. 1.7).

Las moléculas que tienen muchos átomos de carbono son difíciles de representar tridimensionalmente, por lo que se utilizan proyecciones planas.

Cuando las moléculas presentan ramificaciones (grupos unidos a la cadena principal) su forma tiende a ser esférica, por tal razón, el área de su superficie se reduce, disminuyen las fuerzas intermoleculares, llamadas de Van der Waals, y las moléculas se separan a una temperatura más baja, en comparación con la del alcano de cadena lineal de igual número de átomos de carbono.

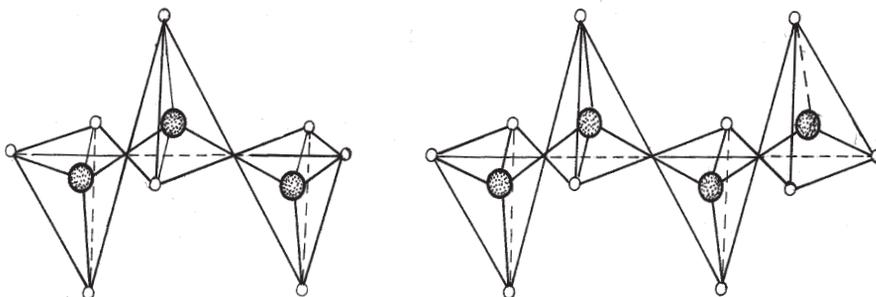


Fig. 1.7 Esquema representativo del propano y el butano

En los hidrocarburos saturados de cadena lineal la temperatura de fusión aumenta con el alargamiento de la cadena. En estos compuestos las moléculas que tienen número impar de átomos de carbono funden a temperaturas más bajas.

Las moléculas de los alcanos son apolares debido a que en los enlaces carbono-hidrógeno, las electronegatividades del carbono y del hidrógeno son muy parecidas y los enlaces carbono-carbono son apolares.

Las moléculas que tienen dos polos se denominan *dipolo*. Las moléculas polares tienen un momento dipolar elevado, mientras que las moléculas no polares tendrán momentos nulos o muy pequeños. Las moléculas simétricas no tienen momento dipolar.

Por las razones antes mencionadas los hidrocarburos saturados son poco solubles en disolventes polares, como el agua, y se disuelven en compuestos no polares, por ejemplo, en otros hidrocarburos, pues son de naturaleza semejante.

Los alcanos son menos densos que el agua, incluso los alcanos sólidos flotan en esta.

La densidad de los alcanos aumenta con el incremento de la masa molar, pues esta influye más que el aumento de volumen.

???

1.4 ¿Por qué se puede afirmar que los compuestos de fórmula C_2H_6 y C_3H_8 , pertenecen a la misma serie homóloga?

1.5 Diga si son homólogos los compuestos representados a continuación. Explique.

a) $CH_2=CH-CH_2-CH_3$ y $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$.

b) $CH_3-CH-CH_2-CH_3$ y CH_4 .

c) Escriba la fórmula global de los compuestos representados en el inciso a).

1.6 Escriba las fórmulas semidesarrolladas del homólogo inferior y del superior, del pentano.

1.7 Represente la estructura espacial y estructural del metano.

1.8 Tres alcanos diferentes tienen las masas molares siguientes $282 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ y $72 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Se sabe que uno es un gas, otro un líquido y el último una sustancia sólida.

a) ¿Qué masa molar corresponde a cada una?

b) ¿Qué fórmula global tiene el compuesto gaseoso?

c) Represente una fórmula semidesarrollada de un homólogo del compuesto líquido.

1.9 La distribución electrónica en notación nl^x del átomo de carbono aislado es $1s^2 2s^2 2p^2$. ¿Esta estructura justifica la existencia de la molécula de metano?

Recuerde que en la molécula de metano los enlaces C – H son energéticamente iguales.

1.10 ¿Qué orbitales atómicos forman los orbitales sp_3 ?

1.11 ¿A qué se llaman fuerzas de Van der Waals?

1.12 Explique por qué se dice que las propiedades físicas y químicas de los alcanos dependen de su estructura.

1.13 Argumente las afirmaciones siguientes:

a) El propano es un gas a temperatura ambiente.

b) La temperatura de ebullición del butano es mayor que la del etano.

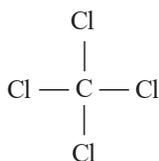
c) Las temperaturas de ebullición y de fusión del butano son mayores que las del etano.

d) El alcano de fórmula C_5H_{12} es menos denso que el agua.

Utilice la tabla 1.2 para apoyar su respuesta.

1.14 El etano (C_2H_6) es soluble en el disolvente orgánico tetracloruro de carbono, pero no lo es en agua. ¿Cómo se explica este hecho?

1.15 La fórmula desarrollada del tetracloruro de carbono es:



¿Cree usted que la disposición espacial de los átomos en la molécula de esta sustancia determina una estructura tetraédrica similar a la del metano? Explique.

1.3 Nomenclatura y notación química de los alcanos

Nomenclatura de los alcanos de cadena lineal

Los alcanos de cadena lineal se nombran utilizando un prefijo que indica el número de átomos de carbono en la cadena, seguido del sufijo *ano*.

Las reglas que se utilizan para nombrar los alcanos son las emitidas por la “Unión Internacional de Química Pura y Aplicada” (UIQPA), cuyas siglas en inglés son IUPAC.

En la tabla 1.3 aparecen las fórmulas y los nombres de algunos alcanos de la serie homóloga del metano.

Tabla 1.3

Nombres de algunos alcanos de cadena lineal

No. de átomos de carbono	Prefijo	Fórmula semidesarrollada	Nombre
1	met	CH_4	metano
2	et	$\text{CH}_3 - \text{CH}_3$	etano
3	prop	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	propano
4	but	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH}_3$	butano
5	pent	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH}_3$	pentano
6	hex	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}_3$	hexano
7	hept	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}_3$	heptano
8	oct	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_6 - \text{CH}_3$	octano
9	non	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH}_3$	nonano
10	dec	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_8 - \text{CH}_3$	decano

Grupos alquilos

Los grupos alquilos están formados por la eliminación de un átomo de hidrógeno en la molécula de un hidrocarburo saturado.

Estos grupos se encuentran unidos a otros átomos o grupos de átomos.

Los grupos se nombran cambiando la terminación *ano* del alcano por el sufijo *il* o *ilo*. Por ejemplo, si a la molécula de metano, CH_4 , se le elimina un átomo de hidrógeno se obtiene el grupo

metil o *metilo* $-\text{CH}_3$; de la molécula de etano se forma el grupo *etil* o *etilo*, $-\text{C}_2\text{H}_5$, y así sucesivamente.

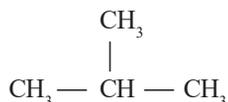
Nomenclatura de los alcanos de cadena ramificada

Los hidrocarburos saturados de cadena ramificada se nombran siguiendo las reglas siguientes:

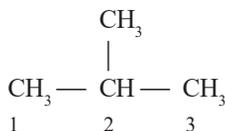
- 1ro. Se selecciona la cadena más larga o cadena principal y se numera empezando por el extremo que tenga más cerca una ramificación. Si hay dos ramificaciones igualmente distantes de los extremos, se comienza a numerar a partir del extremo más próximo a la más sencilla.
- 2do. Se nombran los grupos alquilo en orden alfabético, indicando, con un número, si es necesario, la posición en la cadena principal.
- 3ro. Los números se separan de los nombres de los radicales mediante guiones y cuando hay varios números se separan por comas. Los nombres de los grupos se agregan como sufijos al nombre básico de la cadena principal.*

Ejemplo 1

Para nombrar el alcano de fórmula:



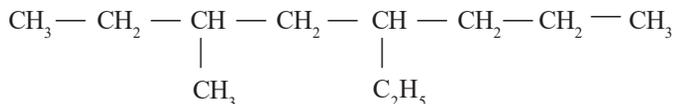
Se determina la cadena principal, comenzando por cualquier carbono terminal; tiene tres átomos de carbono:



El grupo metilo se encuentra unido al carbono 2 (única posición posible). Por tanto, el nombre de este alcano es metilpropano.

Ejemplo 2

Para nombrar el alcano cuya fórmula es:



Se determina la cadena más larga que es la que tiene ocho átomos de carbono y dos ramificaciones: el grupo metilo (el más cercano a uno de los extremos de la cadena) está en el carbono 3 y el grupo etilo en el carbono 5.

Se colocan los números delante de los nombres de los grupos y se ordenan alfabéticamente. Por tanto, el nombre de este alcano es: 5-etil-3-metiloctano.

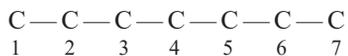
* Hay reglas adicionales que se utilizan para nombrar los alcanos más complejos. Las anteriores son suficientes para nombrar los compuestos que se utilizan en este curso.

Conociendo el nombre de un hidrocarburo saturado se puede escribir su fórmula.

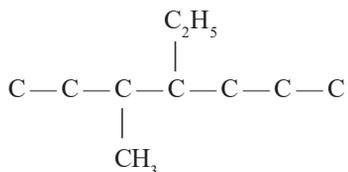
Ejemplo 3

Para formular el compuesto 4-etil-3-metilheptano.

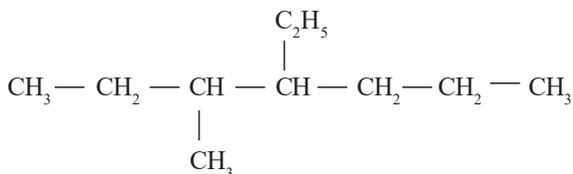
1ro. Se representa la cadena más larga.



2do. Se representan los grupos en las posiciones 3, el metilo y 4, el etilo.

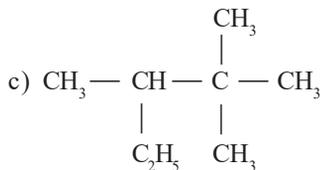
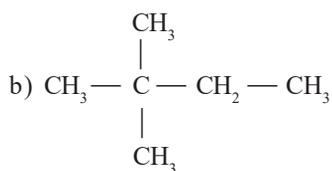
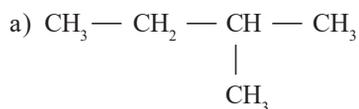


3ro. Se completa cada átomo de carbono con el número de átomos de hidrógenos que lo satura.



???

1.16 Escriba el nombre de los alcanos que se representan a continuación:



1.17 Escriba la fórmula de los alcanos siguientes:

- 2-metilheptano.
- 2,2,3-trimetilbutano.
- 5-etil-3,3-dimetiloctano.

- 1.18 Escriba la fórmula semidesarrollada de un alcano ramificado, de fórmula global C_8H_{18} y que posee dos átomos de carbono unidos cada uno a cuatro átomos de carbono.
- 1.19 Represente la fórmula de un hidrocarburo saturado que posee 10 átomos de carbono en la cadena principal, con un grupo etilo en el cuarto átomo de carbono y otro en el séptimo átomo de carbono.
- 1.20 Represente las fórmulas de los alcanos que se nombran a continuación y explique si estos nombres son correctos:
- 5-metilhexano.
 - 1-metilpropano.
 - 2,4,5-trimetilhexano.
 - 2,3-dimetilbutano.
- 1.21 Escriba las fórmulas de los gases que se utilizan como combustibles en las cocinas, sabiendo que son dos y que la suma total de los átomos de carbono de dos moléculas es 7.

1.4 Isomería en los alcanos

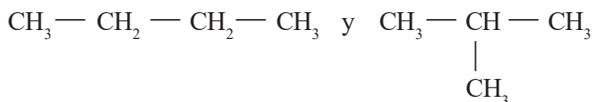
La isomería se manifiesta cuando dos o más sustancias poseen la misma composición cualitativa y cuantitativa, pero diferente estructura.

Los compuestos con distinta estructura e igual fórmula molecular reciben el nombre de *isómeros*.

Las propiedades físicas y químicas de los compuestos isómeros son disímiles, porque sus estructuras son diferentes.

Isomería de cadena

Existen dos hidrocarburos de fórmula global C_4H_{10} y sus respectivas fórmulas semidesarrolladas son:



Butano

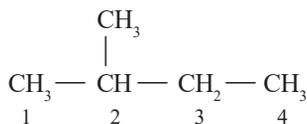
Metilpropano

La temperatura de ebullición del compuesto de cadena lineal es $-0,5\text{ }^\circ\text{C}$ y la del hidrocarburo de cadena ramificada es $-11,7\text{ }^\circ\text{C}$. En general, los alcanos isómeros que poseen ramificaciones tienen menor temperatura de ebullición, porque disminuye el volumen de la molécula y el valor de las fuerzas intermoleculares.

En el caso de los alcanos, la diferencia estructural entre los isómeros radica en el orden de unión de los átomos de carbono en la cadena carbonada. A este tipo de isomería se le llama *isomería de cadena*. Por ejemplo, el metilpropano y el butano son isómeros de cadena.

En los compuestos anteriores, y en todos los compuestos orgánicos, un átomo de carbono unido solamente a otro átomo de carbono, recibe el nombre de *carbono primario*, si está unido a

dos átomos, *carbono secundario*; si se encuentra unido a tres átomos se dice que es *terciario*.* De acuerdo con esta clasificación, en la cadena:



los átomos de carbono 1 y 4 son primarios, el 2 es terciario y el 3 es secundario.

???

1.22 Defina los conceptos siguientes:

- Isomería.
- Isómero.
- Isomería de cadena.

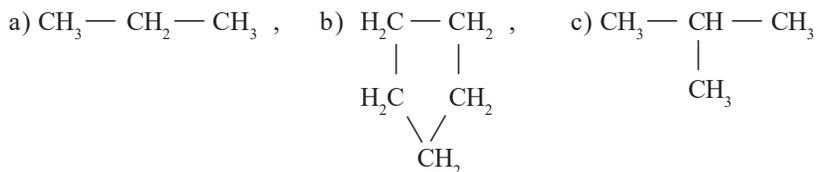
1.23 Argumente la afirmación siguiente:

Dos sustancias pueden tener la misma composición cualitativa y cuantitativa, y no tener las mismas propiedades.

1.24 Escriba la fórmula lineal del alcano que tiene siete átomos de carbono.

- Escriba las fórmulas semidesarrolladas de dos isómeros de cadena de este alcano.
- ¿Cuál de los isómeros del inciso a) tiene mayor temperatura de ebullición? Explique.

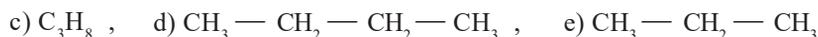
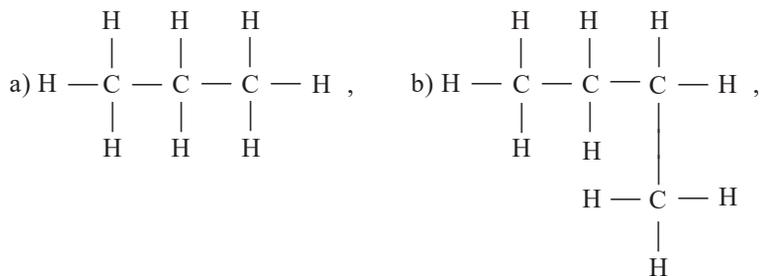
1.25 A continuación se representan las fórmulas de tres sustancias:



1) Clasifique los compuestos en cíclico, ramificado, o lineal de acuerdo con su cadena.

2) Clasifique en cada uno de ellos los carbonos en primario, secundario o terciario.

1.26 Analice las fórmulas siguientes:

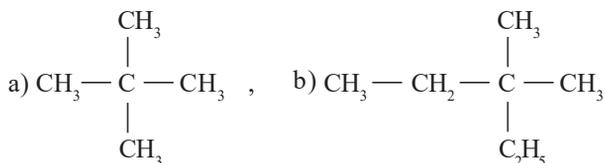


* Existe otra clasificación, atendiendo al número de enlaces que un átomo de carbono posee con los átomos de carbono vecinos.

1) ¿Cuántas sustancias están representadas? Explique.

2) Nombre las sustancias representadas en b) y c).

1.27 Escriba las fórmulas semidesarrolladas de los posibles isómeros de cada una de las sustancias representadas y nómbralos:



1.28 Escriba las fórmulas semidesarrolladas y los nombres de todos los isómeros de fórmula global C_8H_{18} .

1.29 Escriba las fórmulas estructurales de dos homólogos y de dos isómeros de la sustancia cuya fórmula es:



a) ¿Cuál de los dos isómeros tiene mayor temperatura de ebullición?

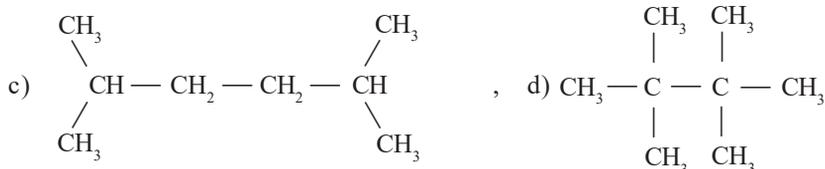
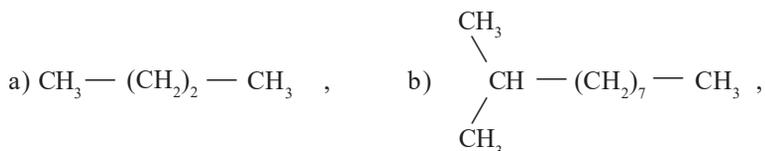
b) Nombre todos los compuestos representados.

1.30 Existen tres compuestos de fórmula global C_5H_{12} . Uno tiene un carbono terciario y su temperatura de ebullición es 28°C . Otro tiene cuatro carbonos primarios y temperatura de ebullición de $9,5^\circ\text{C}$ y el tercero posee tres carbonos secundarios y temperatura de ebullición de $36,2^\circ\text{C}$.

a) Escriba las fórmulas semidesarrolladas de cada compuesto y nómbralos.

b) ¿Son isómeros estas sustancias? Explique.

1.31 Existen cuatro alcanos cuyas fórmulas desarrolladas se representan?



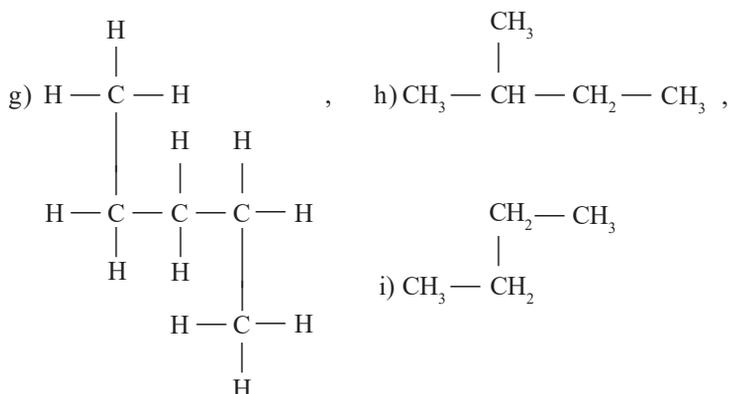
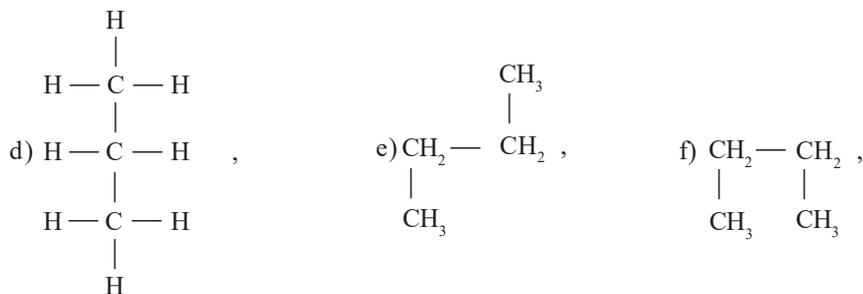
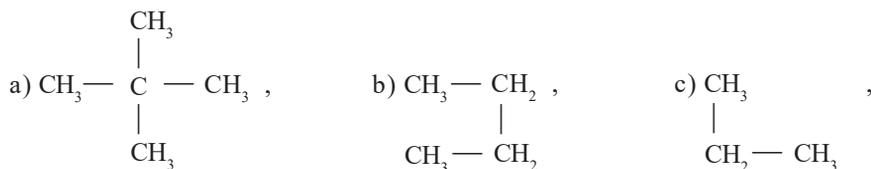
Las temperaturas de ebullición de los cuatro isómeros son:

$-109,2^\circ\text{C}$; $-56,8^\circ\text{C}$; $100,7^\circ\text{C}$ y $-121,2^\circ\text{C}$

1) Nombre los hidrocarburos que poseen las cadenas carbonadas antes representadas.

2) ¿Cuál es la temperatura de ebullición de cada uno?

1.32 Teniendo en cuenta las fórmulas siguientes:



- 1) ¿Cuáles corresponden a una misma sustancia?
- 2) ¿Cuáles representan a sustancias isómeras?

1.5 Propiedades químicas de los alcanos

Las propiedades químicas de las sustancias están dadas por su estructura y las reacciones en que estas participan.

En general a temperatura ambiente los alcanos son poco reactivos, de ahí su nombre antiguo de parafina.*

Los alcanos no reaccionan con una disolución de hidróxido de sodio o de potasio a temperaturas inferiores a 100 °C, ni con ácido sulfúrico o ácido nítrico, ni con agentes oxidantes tan fuertes como el permanganato de potasio o el dicromato de potasio.

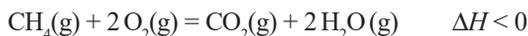
* Del latín *parum* poco, *affinus* afinidad.

Entre las reacciones más importantes en que intervienen los alcanos se encuentran la combustión y la halogenación.

Reacción de combustión

Los alcanos reaccionan con el dióxígeno puro o con el del aire mediante la acción de una chispa o llama, desprendiendo gran cantidad de energía térmica y luminosa.

En la reacción de un alcano con suficiente dióxígeno se obtiene dióxido de carbono y agua. Esta reacción se denomina *combustión completa*. La ecuación de la combustión completa del metano es:



En la combustión completa de un alcano este arde con una llama no luminosa, pues toda la masa de carbono que compone al alcano se oxida a dióxido de carbono.

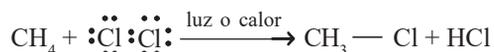
En la reacción de un alcano con déficit de dióxígeno se forma monóxido de carbono y negro de humo u hollín, además de dióxido de carbono y agua. Esta reacción recibe el nombre de *combustión incompleta*.

Durante la combustión incompleta de un alcano este arde con una llama luminosa, porque parte de la masa de carbono del alcano se oxida a monóxido de carbono y negro de humo, u hollín (constituido por partículas de carbón).

Reacción de halogenación

Las sustancias simples dicloro y dibromo reaccionan con los alcanos en presencia de luz ultravioleta.

Como en estas reacciones el halógeno sustituye a uno o más átomos de hidrógeno del alcano, este tipo de reacción se nombra reacción de *sustitución*. En ellas se forma un derivado halogenado. Por ejemplo:



En posteriores reacciones se puede continuar la sustitución de los átomos de hidrógeno en el derivado formado.

Al aumentar el número atómico del halógeno disminuye la reactividad de sus moléculas con los alcanos.

El diflúor tiene una alta afinidad por el dihidrógeno y a temperatura ambiente reacciona explosivamente con los alcanos. En esta reacción puede romper los enlaces entre los átomos de carbono de la molécula de alcanos y no formar derivados halogenados.

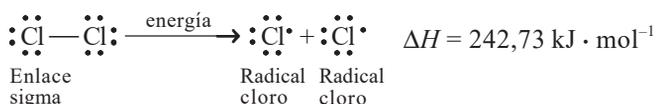
Mecanismo de la reacción de sustitución. El conjunto de pasos sucesivos mediante los cuales las sustancias reaccionantes se convierten en productos, recibe el nombre de *mecanismo de reacción*.

El conocimiento de un mecanismo brinda la posibilidad al químico de cambiar las condiciones bajo las cuales se realiza un experimento con el fin de mejorar el rendimiento de los productos.

Los mecanismos que se propongan para una reacción cualquiera deben explicar los hechos experimentales.

Para la reacción de cloración del metano se ha propuesto un mecanismo que consta de tres etapas: reacción de iniciación, reacción de propagación y reacción de terminación.

Reacción de iniciación. En ellas se producen entidades elementales muy reactivas. Por la acción de la energía, la molécula de dicloro se rompe homolíticamente en dos radicales cloro:



La ruptura homolítica es aquella en la cual un enlace covalente se rompe de forma tal, que los electrones compartidos se distribuyen equitativamente entre los átomos de la molécula.

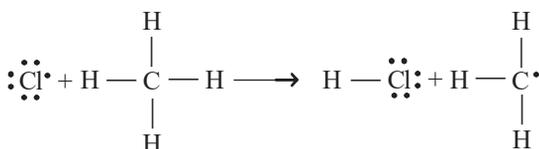
Cada átomo tiene un electrón no pareado. De esta manera se forma un radical libre.

Los radicales libres no poseen carga eléctrica neta y la mayoría de ellos tiene una existencia muy efímera, pues son muy reactivos, aunque se ha comprobado su formación como productos intermedios en varias reacciones.

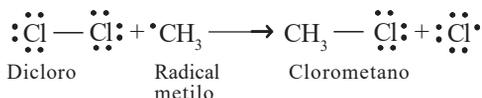
Reacción de propagación. Los radicales cloro formados pueden reaccionar con las moléculas de metano (están en gran proporción) produciendo radicales metilo:



También se puede representar así:



El radical metilo puede reaccionar con una molécula de dicloro produciendo clorometano o cloruro de metilo y otro radical:



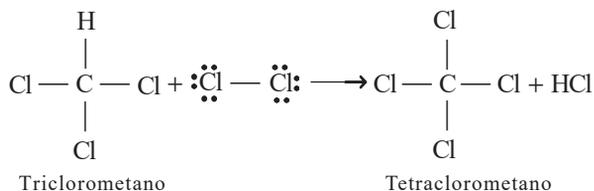
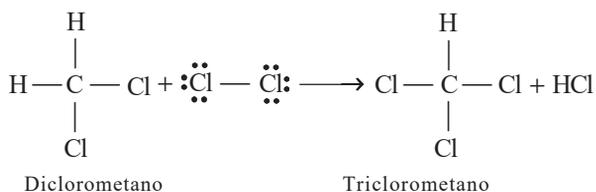
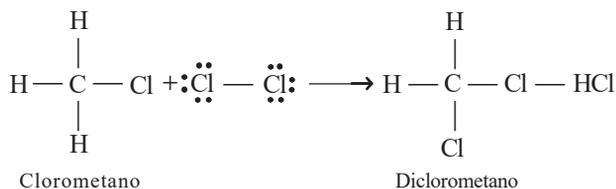
En las reacciones de propagación se consumen partículas reactivas y se producen otras.

Reacción de terminación. Los radicales libres formados en los pasos anteriores pueden reaccionar entre sí o con las moléculas existentes:



Estas reacciones son de terminación, pues consumen radicales libres y no los producen.

El clorometano puede reaccionar con el dicloro de forma tal que se sustituyan todos los átomos de hidrógeno:



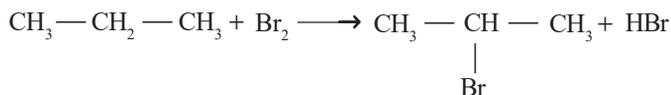
En realidad, la reacción del dicloro con el metano en presencia de luz o calor es muy difícil de controlar, por lo que se obtiene una mezcla de derivados halogenados del metano.

Halogenación de otros alcanos. En los alcanos cada carbono primario tiene una alta densidad electrónica por estar unido a átomos de hidrógeno menos electronegativos, por lo cual repele el par electrónico que lo une al carbono secundario. Este desplazamiento de electrones (electrones σ) se llama *efecto inductivo* y se indica con una saeta en el centro de la raya que representa el enlace. Por ejemplo:



Efecto inductivo

Por esta razón, al reaccionar, el dibromo con el propano se forma 2-bromopropano, porque al aumentar la densidad electrónica del carbono secundario se facilita el ataque del halógeno y la formación del nuevo enlace:



En la reacción representada por la ecuación anterior, se produce en muy poca proporción 1-bromopropano ($\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Br}$).

Los derivados halogenados se pueden representar por la fórmula $R-X$, donde R simboliza un grupo alquilo y X a un halógeno. Los derivados halogenados tienen gran importancia en el

campo de la química orgánica, pues constituyen un punto de partida en la obtención de nuevas sustancias como son alcanos, alcoholes, etcétera.

La nomenclatura de los derivados halogenados de los alcanos, está regida por las mismas reglas que las empleadas para nombrar los hidrocarburos saturados de cadena ramificada; pero en este caso la numeración de la cadena comienza por el extremo que tenga más cercano un halógeno. Si es necesario se indica con un número la posición de este en la cadena. Los sustituyentes también se nombran en orden alfabético.

Ejemplo 1

El compuesto representado por $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2$ se nombra de la manera siguiente:



Ejemplo 2

El compuesto $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3$ se nombra 2-bromopropano.



???

1.33 ¿Bajo qué condiciones se realiza la halogenación del metano?

1.34 ¿Por qué se dice que al unirse un radical cloro con otro en la halogenación del metano este paso constituye una reacción de terminación?

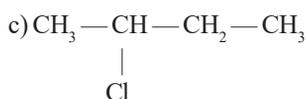
1.35 El grupo CH_3 constituye un radical. ¿Por qué?

1.36 En un laboratorio se quiere obtener un disolvente líquido llamado tetracloruro de carbono. Si se dispone de los reactivos, carbono, dihidrógeno, dicloro y metano:

a) ¿Cómo se puede sintetizar el disolvente?

b) Escriba la ecuación molecular correspondiente.

1.37 Nombre los compuestos representados por:



1.38 Escriba la ecuación que representa la combustión completa del propano.

1.39 ¿Qué masa de dióxígeno se necesita para la combustión completa de 12 g de metano?

1.40 Determine la fórmula de un hidrocarburo saturado que necesita para su combustión el doble de su volumen de dióxígeno.

1.41 En la combustión completa de 2 mol de un hidrocarburo saturado se obtiene 264 g de dióxido de carbono .

a) Escriba la fórmula del hidrocarburo.

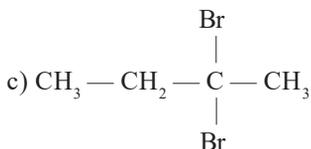
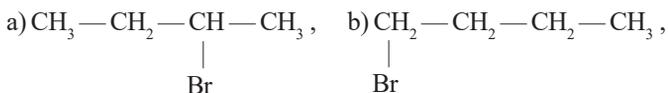
b) ¿Qué masa en gramos del hidrocarburo se quemó?

c) Escriba las ecuaciones que representan las propiedades químicas de este compuesto.

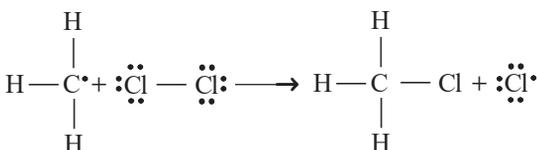
1.42 Escriba la ecuación balanceada de la combustión completa de un alcano de fórmula C_8H_{18} , si se sabe que se oxida a dióxido de carbono y agua.

1.43 Seleccione la respuesta correcta y explique.

En la reacción del butano con dibromo se obtiene, en mayor proporción el derivado halogenado de fórmula:



1.44 La secuencia siguiente representa un paso del mecanismo de reacción de la halogenación del metano. Clasifique este paso como iniciación, propagación o terminación.



1.6 Obtención de los alcanos

El petróleo y el gas natural son las fuentes naturales de los alcanos. En el gas natural existen moléculas que poseen hasta ocho átomos de carbono. Los hidrocarburos saturados que se encuentran en los petróleos tienen diferente composición, predominan los que poseen cadenas lineales o de pocas ramificaciones, y alcanos con ciclos pentagonales o hexagonales.

El petróleo crudo no tiene mucho uso industrial y aumenta su valor cuando se le refina. Al refinarle se separan mediante destilación fraccionada los productos útiles (tabla 1.4).

Tabla 1.4

Fracciones de la refinación del petróleo y algunos de sus usos

Fracción	Temp. de ebullición (°C)	Número de átomos de carbono	Utilización
Gas	Inferior a 20	$\text{C}_1 - \text{C}_4$	Combustible
Éter de petróleo	20-80	$\text{C}_5 - \text{C}_6$	Disolvente de grasas
Ligroina	60-100	$\text{C}_6 - \text{C}_7$	Combustible y disolvente
Gasolina de automóvil	40-200	$\text{C}_5 - \text{C}_{10}$	Combustible de motores
Queroseno	175-325	$\text{C}_8 - \text{C}_{14}$	Combustible, disolvente e iluminación

Tabla 1.4 (cont.)

<i>Fracción</i>	<i>Temp. de ebullición (°C)</i>	<i>Número de átomos de carbono</i>	<i>Utilización</i>
Gasoil	Alrededor de 500	C ₁₂ — C ₂₆	Combustible, motores diesel
Aceite lubricante	Superior a 400 (vacío)	C ₁₅ — C ₄₀	Combustible industrial
Asfalto, coque de petróleo	No volátil	C ₂₅	Pavimentación, permeabilizante

El hombre interviene cada vez más en la naturaleza. A mediados del siglo xx, la contaminación de la atmósfera, la hidrósfera y la litósfera, así como los cambios en las condiciones naturales han tomado dimensiones alarmantes. El desarrollo industrial ha contribuido a la contaminación de las aguas debido a que se vierten residuos, fundamentalmente hidrocarburos, a mares y ríos.

Baste señalar que un litro de petróleo inutiliza un millón de litros de agua dulce. Esta cantidad de agua alcanzaría para una familia de cuatro personas durante veinte años.

Por todo lo anterior, se trata de que las industrias desarrollen tecnologías sin desechos, y se trabaje para neutralizar las aguas residuales y separar los productos comerciales.

Las sustancias nocivas que afectan a la naturaleza también perjudican la salud del hombre. La contaminación ambiental puede producir enfermedades cardiovasculares y pulmonares, enfermedades alérgicas y neoplasias malignas. Esto justifica la preocupación por conservar puro el entorno, para mantener sano y capaz al ser humano.

En el laboratorio se obtienen los alcanos haciendo reaccionar un halogenuro de alquilo con sodio metálico.

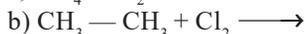
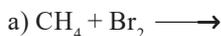
???

1.45 Elabore un informe en el que usted exponga la importancia de emplear los alcanos como combustibles y como lubricantes.

1.46 Investigue qué factores alteran el medio ambiente de la comunidad en que usted vive.

1.47 Escriba la ecuación de obtención del dicloroetano a partir de etano.

1.48 Escriba las ecuaciones químicas que corresponden a las representaciones siguientes:



1.7 Aplicaciones de los alcanos

Los alcanos se emplean como combustibles por su alto poder energético, como lubricantes, disolventes de compuestos orgánicos y como fuente de materia prima para obtener otros productos. Se utilizan como combustibles en los aviones, barcos, en las locomotoras, en los vehículos automotores, etc. La mezcla de propano y butano se envasa comprimida en cilindros o botellones, y constituye el gas licuado que se utiliza en los hogares.

La demanda de combustibles es cada día mayor. Los principales productores de combustibles son en América Latina: México, Venezuela y Colombia, además producen petróleo Brasil, Argentina y Ecuador.

En Cuba se realizan ingentes esfuerzos en la búsqueda de combustibles subterráneos, y ya se han logrado resultados positivos. En 1988 la extracción de petróleo fue 15 veces mayor que en 1958.

Se emplean como lubricantes los petrolatos líquidos porque tienen la propiedad de disminuir la fricción entre los cuerpos. Estos petrolatos líquidos también reciben el nombre de aceites lubricantes. Algunos encuentran aplicación en la lubricación de motores y maquinarias, otros se emplean en la fabricación de cosméticos y productos de peluquería. Como laxantes se les atribuye una acción lubricante sobre las mucosas intestinales y un efecto de ablandamiento sobre la materia fecal.

Se usan como *disolvente*. La mezcla de hidrocarburos que contiene de tres a seis átomos de carbono recibe el nombre de éter de petróleo y se utiliza como disolvente de grasas, debido a su naturaleza poco polar.

Se utilizan *como materia prima*, ya que a partir de alcanos se pueden obtener alcoholes, plásticos, detergentes y otras sustancias.

???

1.49 Diga:

- a) ¿Qué es un combustible? Cite dos ejemplos.
- b) ¿Qué es un lubricante? Cite un ejemplo.

1.50 Complete el cuadro siguiente:

<i>Sustancia</i>	<i>Propiedad</i>	<i>Aplicación</i>
		Combustible destinado a la navegación
	Disminuye la fricción entre las ruedas de los carros	
Mezcla de compuestos que tienen entre C_6 y C_7		

Resumen de ejercicios

1.51 La Petroquímica tiene un campo amplio de desarrollo desde finales del siglo:

- a) Dé tres razones que avalen esta afirmación.
- b) Cite varios productos que se puedan obtener a partir del petróleo y que pongan de manifiesto la importancia de esta rama de la Química.

1.52 ¿Cuántos gramos de dióxido de carbono se formarán en la combustión completa de 5 mol de metano?

1.53 ¿Cómo cambian las propiedades físicas de las sustancias en la serie homóloga del metano?

1.54 Dé una definición de isómero.

1.55 a) Escriba dos fórmulas semidesarrolladas, una lineal y otra ramificada, para los hidrocarburos que tienen fórmulas globales C_3H_{12} ; C_7H_{16} ; $C_{10}H_{22}$.

b) Seleccione en una de las parejas el compuesto que tenga mayor temperatura de ebullición. Explique.

1.56 Escriba la ecuación de la combustión completa del 2-metilhexano.

1.57 ¿Por qué la gasolina es poco soluble en agua y más volátil que esta?

1.58 A continuación se ofrecen las temperaturas de ebullición de algunos compuestos:

a) Butano: $-0,5\text{ }^\circ\text{C}$.

b) Metilpropano: $-112\text{ }^\circ\text{C}$.

c) Pentano: $36,1\text{ }^\circ\text{C}$.

d) Metilbutano: $28\text{ }^\circ\text{C}$.

e) Dimetilpropano: $9,5\text{ }^\circ\text{C}$.

Explique las diferencias entre las estructuras de los compuestos y sus temperaturas de ebullición.

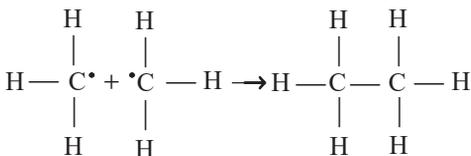
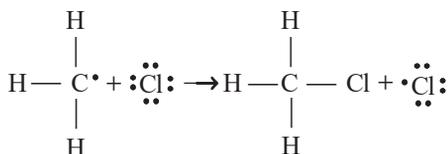
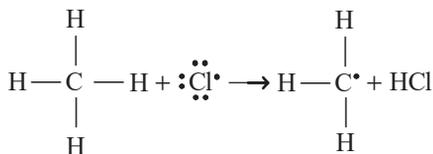
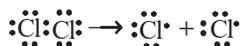
1.59 Un móvil utiliza como combustible queroseno y dioxígeno líquido en combustión completa.

¿Qué masa de dioxígeno se requiere por cada litro de queroseno, suponiendo que la composición promedio del queroseno es $n(C_{14}H_{30})$?

1.60 Escriba las fórmulas globales de los alcanos de la serie homóloga del metano cuyas moléculas tengan 16; 23 y 28 átomos de carbono, respectivamente.

1.61 Los haloformos son derivados halogenados con fórmula CHX_3 , donde X simboliza a un halógeno. Escriba la fórmula desarrollada del anestésico llamado cloroformo y del sedante nombrado bromoformo.

1.62 Observe el mecanismo de reacción que se expone a continuación:



a) ¿Bajo qué condiciones se rompe la molécula de dicloro?

b) Seleccione un radical libre y diga en qué se basó para seleccionarlo.

- c) Seleccione una de las reacciones de propagación.
d) Seleccione una reacción de terminación y diga qué producto se obtiene.
- 1.63 Argumente la afirmación siguiente: los isómeros son compuestos que tienen la misma masa molar.
- 1.64 El metano se puede obtener a partir de las sustancias simples inorgánicas carbono y dihidrógeno. Además, el metano se puede descomponer térmicamente, si en la reacción se producen 75 kJ. Escriba la ecuación que representa la reacción anterior.
- 1.65 El clorometano (CH_3Cl) es un gas, se licúa fácilmente y absorbe gran cantidad de energía calorífica durante la subsiguiente evaporación, por lo que se usa como agente refrigerante en las instalaciones frigoríficas. ¿A partir de qué sustancias se puede obtener clorometano?
- 1.66 Se hacen reaccionar 200 g de una muestra de dibromo que tiene 83 % de pureza con suficiente metilpropano. Diga cuántos gramos de bromuro de hidrógeno se obtiene, si además se produce en la reacción 2-bromometilpropano.
- 1.67 Cuando el dicloro reacciona con un hidrocarburo saturado. ¿Se produce siempre una sustancia única en todos los casos? ¿Cuál es?
- 1.68 Al hacer saltar chispas eléctricas a través del etano, este se descompone en sus elementos. ¿Disminuye o aumenta el volumen del gas? Explique su respuesta.
- 1.69 El difluordiclorometano o freón, se utiliza como gas refrigerante doméstico, y se obtiene haciendo reaccionar CCl_4 con HF, si usted dispone de metano, dicloro, fluoruro de hidrógeno y agua, ¿cómo obtendrá el gas refrigerante? Justifique su respuesta utilizando ecuaciones.

2 HIDROCARBUROS NO SATURADOS. HIDROCARBUROS AROMÁTICOS

INTRODUCCIÓN

En el capítulo 1 se inició el tema de los hidrocarburos con el estudio de los alcanos. En este se estudian los hidrocarburos no saturados (alquenos y alquinos) y los hidrocarburos aromáticos.

La existencia de un doble enlace carbono-carbono en los alquenos y de un triple enlace carbono-carbono en los alquinos es la causa de que dichas sustancias tengan propiedades diferentes a las de los alcanos.

Los hidrocarburos aromáticos son compuestos cíclicos en los que parte de los electrones que intervienen en los enlaces entre los átomos de carbono presentan un tipo especial de insaturación. Por esta razón las propiedades de estas sustancias son distintas a las de los hidrocarburos saturados y no saturados de igual número de átomos de carbono.

Tanto los hidrocarburos no saturados como los aromáticos sirven de punto de partida en la industria de la síntesis orgánica.

¿Cómo es la actividad química de los hidrocarburos no saturados y de los hidrocarburos aromáticos en comparación con la de los alcanos? ¿Por qué? ¿Qué estructuras tienen los alquenos, los alquinos y los hidrocarburos aromáticos? ¿Qué isomería presentan los alquenos y cuál los alquinos? ¿Cómo se nombran estas sustancias? A estas y a otras interrogantes se dará respuesta en este capítulo.

2.1 *Alquenos. Serie homóloga. Propiedades físicas. Estructura*

Los alquenos denominados también olefinas* son hidrocarburos no saturados cuya característica esencial desde el punto de vista de su estructura es la existencia de un doble enlace carbono-carbono en sus moléculas.

Serie homóloga

Por esta razón, estos compuestos contienen dos átomos de hidrógeno menos que los alcanos de igual número de átomos de carbono. De ahí, que la fórmula general de los alquenos es C_nH_{2n} .

Propiedades físicas

El alqueno de estructura más sencilla es el eteno. Al igual que ocurre en la serie homóloga del metano, las propiedades físicas en la serie homóloga del eteno varían con el aumento de su masa

*El nombre de olefinas (gas oleificante) se debe a que en las reacciones con dicloro o dibromo producen una sustancia aceitosa.

molar. Las fórmulas, los nombres y algunas propiedades físicas de los primeros cinco miembros de la serie homóloga del eteno se ofrecen en la tabla 2.1.

Tabla 2.1

Algunos alquenos de la serie homóloga del eteno y varias de sus propiedades físicas

Fórmula semidesarrollada	Nombre del alqueno	Densidad (g/mL)	Temp. de ebullición (°C)	Temp. de fusión (°C)
$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	eteno	0,566	-102	-169
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$	propeno	0,609	-48	-185
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	1-buteno	0,625	-6,5	-130
$\text{CH}_2=\text{CH}-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}_3$	1-penteno	0,641	30,1	-
$\text{CH}_2=\text{CH}-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}_3$	1-hexeno	0,675	63,5	-138

A medida que se incrementa el número de grupos metileno (CH_2) y, por tanto, la masa molar, aumentan consecutivamente la densidad y la temperatura de ebullición de los homólogos del eteno, y de modo irregular la temperatura de fusión. En general, las temperaturas de ebullición y de fusión de los alquenos son bastantes similares a la de los alcanos de igual número de átomos de carbono, de sus respectivas series homólogas.

Los alquenos de hasta 4 átomos de carbono son gases, los de 5 a 17 átomos de carbono son líquidos, y los restantes son sólidos a temperatura ambiente. Todos son poco solubles en agua y solubles en disolventes de baja polaridad.

El conocimiento de la estructura electrónica de las moléculas permite interpretar las propiedades de los compuestos en general, y predecir su posible comportamiento químico.

El estudio de la estructura del eteno, representante más simple de los alquenos, facilita el análisis del doble enlace carbono-carbono, característico de esta función.

Estructura

Los hechos experimentales han demostrado que en la molécula del eteno los cuatro enlaces carbono-hidrógeno son energéticamente iguales; que los dos enlaces carbono-carbono tienen diferente energía; que el ángulo de enlace $\text{C}-\text{C}-\text{H}$ es de 121° y el $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ de $117,5^\circ$; y que todos los átomos se encuentran en un mismo plano.

El modelo que se utiliza para explicar esta estructura del eteno es la hibridación sp_2 del átomo de carbono. Según este modelo, cuando en el átomo de carbono (como el representado en figura 1.3, capítulo 1) se une un orbital s con dos orbitales p se forman tres orbitales híbridos sp_2 y queda un orbital p sin hibridizar (fig. 2.1).

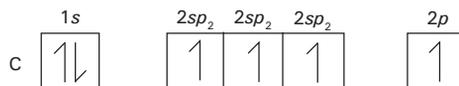


Fig. 2.1 Distribución electrónica de un átomo de carbono con hibridación sp_2

Los tres orbitales híbridos sp_2 forman entre sí ángulos de 121° y son coplanares (fig. 2.2).

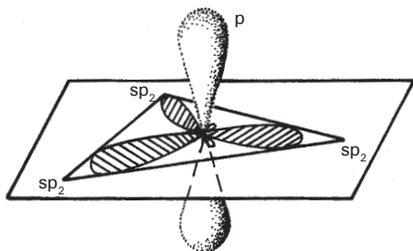


Fig. 2.2 Esquema de la hibridación sp_2 del átomo de carbono

En la molécula de eteno, dos de los orbitales híbridos sp_2 de cada átomo de carbono se solapan frontalmente con los orbitales s de los átomos de hidrógeno, formándose así cuatro enlaces carbono-hidrógeno (sp_2-s) de tipo σ , que tienen igual contenido energético. Los terceros orbitales híbridos sp_2 de cada átomo de carbono se solapan entre sí originándose un enlace carbono-carbono (sp_2-sp_2) de tipo σ (fig. 2.3).

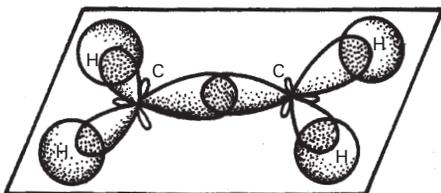
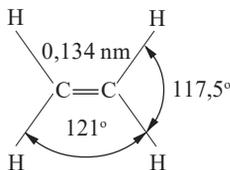


Fig. 2.3 Esquema de los enlaces σ carbono-hidrógeno (sp_2-s) y carbono-carbono (sp_2-sp_2) en la molécula de eteno

El solapamiento lateral de los orbitales p (uno de cada átomo de carbono), que poseen un electrón sin aparear, forma el otro enlace carbono-carbono: $p-p$ de tipo π (fig. 2.4).

La molécula de eteno puede representarse como se ilustra en la figura 2.5.

La distancia del enlace carbono-carbono en el eteno es de $0,134 \text{ nm}$, mientras que en el etano es $0,154 \text{ nm}$. La energía total del doble enlace es de 609 kJ , estimándose que la del enlace σ es de 345 kJ y la del enlace π , 259 kJ .



En resumen el doble enlace entre dos átomos de carbono en los alquenos está constituido por un enlace σ (sp_2-sp_2) fuerte, y otro π ($p-p$) débil. En los alquenos de más de 2 átomos de carbono los átomos de carbono comprometidos en el doble enlace presentan hibridación sp_2 y el resto sp_3 .

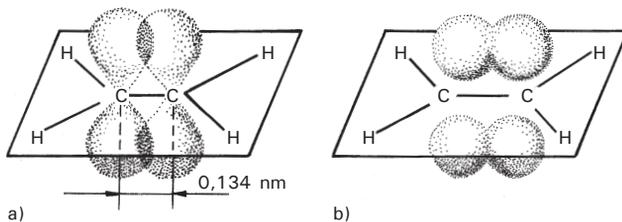


Fig. 2.4 Esquema del enlace π carbono-carbono en la molécula de eteno: a) las nubes electrónicas de los orbitales p son perpendiculares al plano de la molécula y su solapamiento ocurre por encima y por debajo de este; b) los electrones del enlace forman una nube electrónica común a ambos átomos

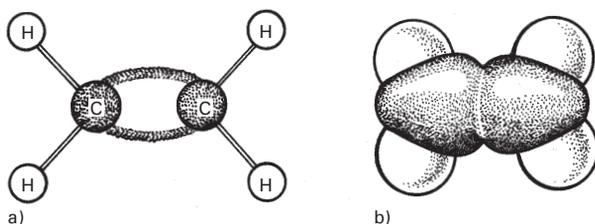


Fig. 2.5 Estructura de la molécula de eteno: a) modelo de bolas y vástagos; b) modelo de calotas

La causa de que los alquenos tengan bajas temperaturas de ebullición y de fusión está dada por la baja polaridad de sus moléculas, la cual está determinada por el tipo de enlace entre los átomos de carbono y de carbono e hidrógeno.

Las fuerzas de atracción entre estas moléculas son débiles, del tipo Van der Waals; no obstante, debido al solapamiento lateral de los orbitales p , los electrones π tienen una gran movilidad y se desplazan fácilmente. Esto hace que los átomos de carbono del doble enlace carbono-carbono sean más electronegativos que los saturados y que las moléculas de los alquenos, tengan una ligera polaridad con respecto a la de los alcanos, pero tan pequeña que sus propiedades físicas son muy parecidas.

Los alquenos en general se disuelven mal en el agua, pero algo mejor que los alcanos correspondientes. No debemos olvidar que a partir del eteno, los alquenos presentan grupos alquilo unidos al doble enlace con estructura similar a la de los alcanos.

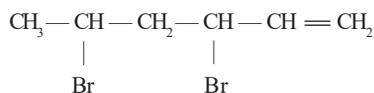
En la medida que aumenta la masa molar de los alquenos de cadena lineal aumenta el carácter apolar de la molécula y, por tanto disminuye aún más su solubilidad en agua.

???

2.1 Escriba las fórmulas estructurales de un alcano y un alqueno constituidos por tres átomos de carbono, y diga qué semejanzas y diferencias hay entre ambos compuestos representados en cuanto a:

- a) La composición cualitativa y cuantitativa.
- b) La estructura molecular.
- c) Las propiedades físicas siguientes:
 - 1) Estado de agregación a 25 °C.

Ejemplo 4

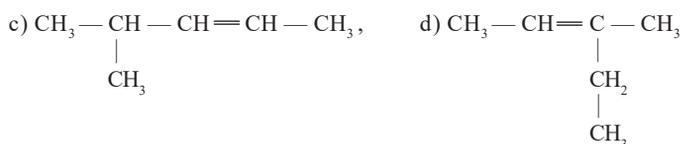
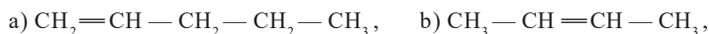


3,5-dibromo-1-hexeno

???

2.5 Escriba la fórmula estructural de un homólogo del propeno y nómbrelo.

2.6 Nombre los alquenos representados a continuación:



2.7 Escriba las fórmulas semidesarrolladas de los alquenos siguientes:

- a) 1-penteno. b) 3-metil-1-buteno.
c) 3,3-dimetil-1-hexeno. d) 2-etil-1-penteno.

2.8 Dados los nombres y las fórmulas químicas siguientes:

- a) 3-metil-1-buteno, b) $\text{H}_3\text{C} - \text{CH} = \text{CH} - \begin{array}{c} \text{CH} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array} - \text{CH}_3$,
- c) $\text{H}_3\text{C} - \begin{array}{c} \text{CH} \\ | \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{array} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$, d) 2,3-dimetilpentano

1) Nombre o formule, según corresponda.

2) ¿A qué función química pertenece el compuesto representado en c)?

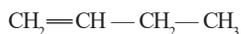
3) Determine la cantidad de sustancia que hay en una muestra de 140 g del compuesto nombrado en a).

2.3 Isomería en los alquenos

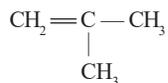
Los alquenos que poseen cuatro o más átomos de carbono presentan isomería de cadena e isomería de posición.

Isomería de cadena

La isomería de cadena en los alquenos es análoga a la que manifiestan los alcanos. En ambos casos la diferente estructura de los isómeros de cadena se debe a que el orden de unión de los átomos en las moléculas es distinto.



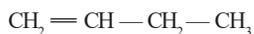
1-buteno



Metilpropeno

Isomería de posición

Este tipo de isomería consiste en la diferente posición que ocupa el doble enlace en la estructura de algunos con igual composición cuantitativa y cualitativa; lo cual determina una estructura diferente. Los isómeros con estas características se denominan isómeros de posición.



1-buteno



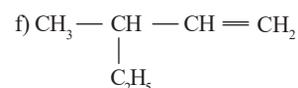
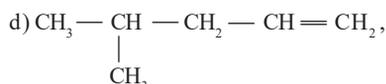
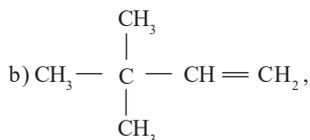
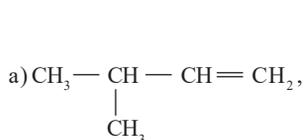
2-buteno

???

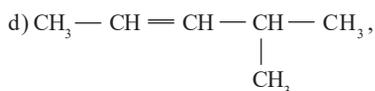
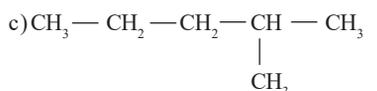
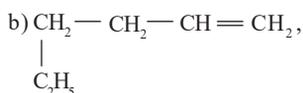
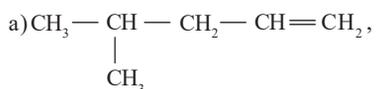
2.9 Haga un cuadro resumen en el que se incluyan los tipos de isomería estudiados (en los alcanos y en los alquenos) su característica esencial y un ejemplo de cada uno.

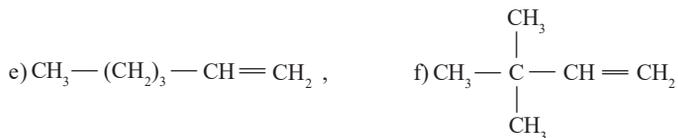
2.10 Escriba la fórmula semidesarrollada de cadena lineal de un compuesto cuya fórmula global es C_6H_{12} , así como las fórmulas y nombres de todos los posibles isómeros de posición y de cadena.

2.11 Identifique los isómeros representados y clasifique el tipo de isomería:



2.12 Diga cuántas sustancias están representadas y nómbrelas:





2.4 Propiedades químicas de los alquenos

Las propiedades químicas de los alquenos están determinadas por la existencia del doble enlace carbono-carbono en sus moléculas.

La elevada capacidad de reacción de estos compuestos se debe a la alta densidad electrónica del enlace π , y al hecho de que este enlace es más débil que el enlace σ , pues los orbitales p se solapan lateralmente. Luego el doble enlace carbono-carbono es la posición de mayor actividad química en la molécula de los alquenos y, por tanto, el lugar por donde generalmente ocurre la acción de los reactivos.

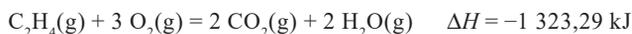
Los alquenos intervienen en reacciones de oxidación y de adición.

Reacción de oxidación

Los alquenos reaccionan con el dióxígeno y con otros oxidantes (a diferencia de los alcanos).

Reacción de combustión. Los alquenos arden en el aire, produciendo dióxido de carbono y agua cuando la combustión es completa, y desprendiendo gran cantidad de energía en forma de calor y luz.

Un caso particular es la combustión completa del eteno:



Cuando el proceso de combustión ocurre en atmósfera deficiente de dióxígeno la combustión es incompleta y se pueden formar otros productos entre ellos el monóxido de carbono y carbono libre.

La no saturación de la molécula determina un mayor porcentaje de carbono en los alquenos. Por esta razón en la combustión incompleta de los mencionados compuestos las partículas de carbono incandescentes en la llama producen mayor luminosidad que en la combustión incompleta de los alcanos de igual número de átomos de carbono.

Reacción con otros oxidantes. La alta densidad electrónica en las moléculas de los alquenos es la causa de que el doble enlace carbono-carbono pueda ser atacado por agentes oxidantes. En estas reacciones se forman distintas sustancias en dependencia de las condiciones en que se lleven a cabo y del agente oxidante empleado.

Los alquenos reaccionan con relativa facilidad con agentes oxidantes como el permanganato de potasio (KMnO_4).

Si un alqueno se hace reaccionar con una disolución acuosa ligeramente básica de permanganato de potasio (de color violeta), esta se decolora, pues la sal se reduce a dióxido de manganeso (MnO_2) de color pardo que precipita.

La disolución mencionada se nombra reactivo de Baeyer y se utiliza para la determinación cualitativa de insaturaciones en compuestos orgánicos, porque cuando reacciona con estos, cambia de color como consecuencia de su reducción a otras sustancias.

Reacción de adición

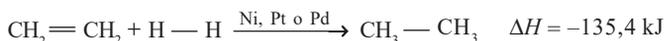
Las reacciones de adición son aquellas en las que las moléculas de dos sustancias se combinan para producir moléculas de una sola sustancia.

Los alquenos se caracterizan por participar en reacciones de adición. En ellas se rompe el enlace π , por ser más débil que el enlace σ , lo que permite la adición de átomos o grupos de estos, a los átomos de carbono que estaban unidos por el doble enlace.

Los alquenos intervienen en reacciones de adición con el dihidrógeno, los halógenos y los halogenuros de hidrógeno, así como en reacción de polimerización por adición, entre otras.

Adición de dihidrógeno. La hidrogenación es una reacción exotérmica*, ya que la energía que se requiere para la ruptura del enlace π ($p-p$) en el alqueno (251 kJ) y del enlace σ ($s-s$) en la molécula de dihidrógeno (435,6 kJ) es menor que la energía total que se desprende en la formación de los dos nuevos enlaces s carbono-carbono (822 kJ).

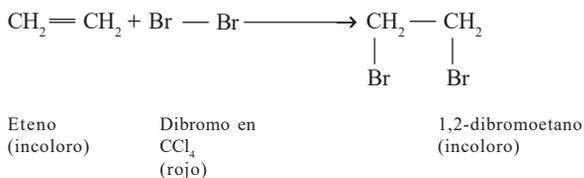
Como la energía de activación de esta reacción es elevada, se hace necesario utilizar un catalizador metálico: níquel (Ni), platino (Pt) o paladio (Pd), finamente divididos:



En esta reacción se adicionan dos átomos de hidrógeno a la molécula de alqueno.

Adición de halógenos. La adición de dicloro o dibromo a un alqueno se realiza a temperatura ambiente, en ausencia de luz y mezclando los reaccionantes en un disolvente inerte, como el tetracloruro de carbono.

En esa reacción, el halógeno se adiciona a los dos átomos de carbono unidos por el doble enlace, produciéndose un derivado halogenado del alcano, en el que los átomos de halógeno se encuentran en carbonos vecinos. Por ejemplo:



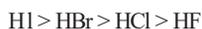
Cuando el eteno se hace reaccionar con una disolución diluida de dibromo en tetracloruro de carbono (de color rojo) esta se decolora** y no se desprende bromuro de hidrógeno, que es uno de los productos de la bromación de los alcanos. Debido a esta decoloración la reacción de adición de dibromo también es muy útil, para determinar cualitativamente la presencia de insaturaciones en los compuestos orgánicos. El yodo sólo se adiciona al eteno. El volumen tan grande de los átomos de este halógeno imposibilita que existan dos átomos de yodo en carbonos vecinos, en los

* El calor desprendido en la hidrogenación de 1 mol de un alqueno se denomina calor de hidrogenación (ΔH), y es aproximadamente $135,4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

** Los derivados dihalogenados son incoloros.

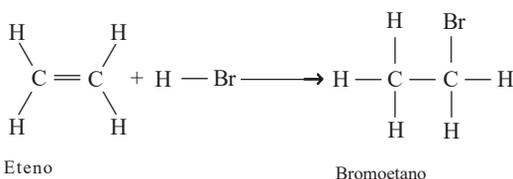
demás alquenos, cuyas moléculas son más voluminosas que las del eteno. En la reacción del diflúor con los alquenos no se produce un difluoruro del alcano, pues este halógeno rompe los enlaces entre los átomos de carbono.

Adición de halogenuros de hidrógeno. Los alquenos reaccionan con los halogenuros de hidrógeno (yoduro, bromuro, cloruro y fluoruro de hidrógeno), produciendo en cada caso, un halogenuro de alquilo. El orden de reactividad de estos con los alquenos es:



La reacción se realiza generalmente, haciendo pasar una corriente del halogenuro de hidrógeno gaseoso y seco a través del alqueno, el cual puede estar en estado gaseoso, líquido o disuelto en un disolvente inerte, como el tetracloruro de carbono.

Si el alqueno es simétrico* como el eteno, se obtiene un solo producto halogenado:



Mecanismo de la reacción de adición. En los alquenos el doble enlace entre los átomos de carbono se comporta como una fuente de electrones, debido a los electrones π , lo cual es la causa de que a dichos átomos de carbono se adicione preferentemente reactivos electrofílicos.

Los reactivos electrofílicos son los que poseen una baja densidad electrónica, por lo que aceptan electrones con facilidad.

De modo general, las reacciones de adición a los alquenos ocurren en dos pasos: el primero se denomina *ataque electrofílico* y el segundo *ataque nucleofílico*.

El mecanismo de la reacción de adición de un reactivo polar, como los halogenuros de hidrógeno a un alqueno es el siguiente:

Primer paso. Ataque electrofílico

La parte deficiente de electrones de la molécula del halogenuro de hidrógeno se acerca a la nube de electrones π del alqueno y la polariza**, como resultado de la atracción electrostática entre las moléculas de ambos reaccionantes.

Ocurre entonces el desplazamiento total de la nube π hacia uno de los átomos de carbono unidos por el doble enlace, la ruptura heterolítica de la molécula del halogenuro de hidrógeno y la

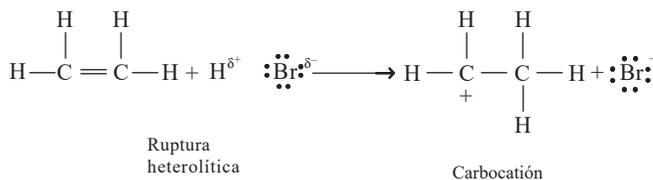
* Un alqueno es simétrico cuando a los dos átomos de carbono unidos por el doble enlace se unen átomos o grupos de átomos iguales, si son desiguales el alqueno es asimétrico.

** La polarización es la deformación de un enlace en la molécula por la presencia de un reactivo.

adición del reactivo electrofílico a dicho átomo de carbono, formándose un carbocatión (producto intermediario de la reacción).

La ruptura heterolítica es aquella en la cual el enlace covalente se rompe de forma tal, que los electrones no se distribuyen equitativamente entre los átomos enlazados, por lo que se forman átomos o grupos de átomos cargados eléctricamente.

Según lo antes descrito, el primer paso de la reacción del eteno con el bromuro de hidrógeno se puede representar así:



La carga eléctrica positiva que presenta el carbocatión se debe a que los electrones π se desplazan hacia uno de los átomos de carbono, para formar el enlace σ carbono-hidrógeno, con el consiguiente cambio de hibridación de los átomos de carbono del doble enlace de sp_2 a sp_3 .

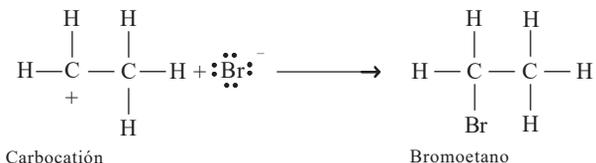
Este paso es el más lento y difícil, por lo que determina la velocidad de la reacción.

Segundo paso. Ataque nucleofílico

Como el catión formado está deficiente de electrones, entonces ocurre el ataque y la adición de un reactivo nucleofílico al átomo de carbono que tiene una carga eléctrica positiva.

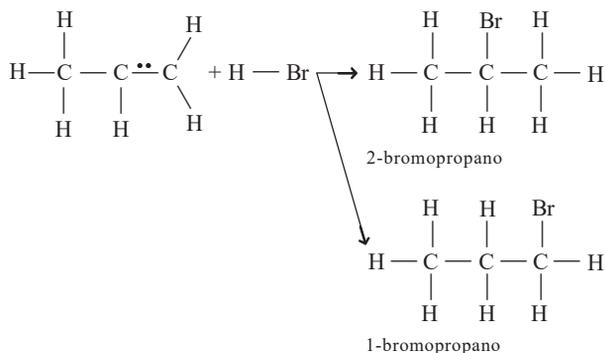
Los reactivos nucleofílicos son los que poseen una alta densidad electrónica, por lo que ceden electrones con facilidad.

La representación del segundo paso de la reacción entre el eteno y el bromuro de hidrógeno puede ser la siguiente:



En general, este mecanismo de reacción se denomina *mecanismo de adición electrofílica*, pues la reacción se inicia por el ataque de un reactivo electrofílico a los electrones del doble enlace carbono-carbono en el alqueno.

Si el alqueno es asimétrico, como el propeno, y se adiciona un halogenuro de hidrógeno se forman dos isómeros (de posición), uno en mayor proporción que el otro.



Experimentalmente se ha comprobado que el 2-bromopropano se obtiene en mayor proporción. En 1869 el químico ruso V. Markownikov, basándose en las observaciones de reacciones de este tipo, afirmó que:

Al reaccionar un reactivo polar con un hidrocarburo no saturado asimétrico, la parte positiva del reactivo polar se adiciona preferentemente al átomo de carbono más hidrogenado, de los dos que están unidos por el doble enlace, y la parte negativa se adiciona al otro átomo de carbono, el menos hidrogenado.

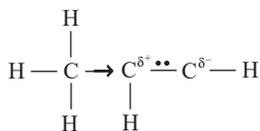
Esta expresión se conoce como la *regla de Markownikov*, y es de gran utilidad en la predicción de los productos de muchas reacciones de adición de este tipo.

¿Por qué en la reacción anterior los átomos que componen la molécula de bromuro de hidrógeno se adicionan preferentemente, como indica la regla de Markownikov?

Debido al efecto inductivo en el propeno, los electrones del enlace σ entre el átomo de carbono central y el del grupo metilo (CH_3) se encuentran más desplazados hacia el primero. Esto provoca la repulsión de los electrones π , los que se desplazan parcialmente hacia el átomo de carbono del grupo metileno ($-\text{CH}_2$).

Este desplazamiento de electrones da lugar a la polarización de la molécula de propeno: el átomo de carbono central adquiere cierta densidad de carga positiva y el del grupo metileno cierta densidad de carga negativa.

Lo antes expuesto se puede representar así:



Por ello, al aproximarse un reactivo polar, como el HBr, la parte positiva de esa molécula se acerca al carbono de mayor densidad electrónica (el átomo de carbono más hidrogenado de los dos unidos por el doble enlace) y da lugar a la unión del protón H^+ del ácido, después el ion bromuro Br^- se une al átomo del carbono central (el menos hidrogenado) que está deficiente de electrones.

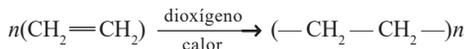
En resumen, en los alquenos la nube de electrones π es fácilmente polarizable, debido a que los electrones π son retenidos con menos fuerza que los σ como consecuencia de que el enlace π es más débil que el σ .

Polimerización por adición

La polimerización por adición es la reacción entre moléculas iguales que dan lugar a compuestos de alta masa molar denominados polímeros o macromoléculas.

La polimerización es una reacción característica de compuestos insaturados.

Cuando el eteno se calienta a temperatura entre 200-400 °C en presencia de dióxígeno (actúa como catalizador) y se somete a altas presiones, se obtiene un compuesto de elevada masa molar (aproximadamente de 20 000), cuya estructura es la de un alcano de cadena larga. Este polímero se conoce con el nombre de polietileno, por estar constituido por muchas moléculas de eteno.



Eteno

Polietileno

La unidad básica estructural a partir de la cual se forma el polímero se llama *monómero*.

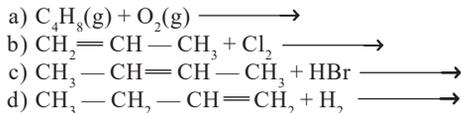
La polimerización es una de las reacciones más importantes desde el punto de vista industrial, que presentan los alquenos simples.

???

- 2.13 Describa un ensayo químico que sirva para distinguir la presencia del doble enlace en un compuesto dado.
- 2.14 ¿A qué se atribuye que los hidrocarburos no saturados sean más reactivos que los saturados? Explique.
- 2.15 Clasifique como reactivo nucleofílico o electrofílico los siguientes:



- 2.16 Escriba las ecuaciones químicas que corresponden a las representaciones siguientes:



- 2.17 Consulte el mecanismo de adición de halogenuros de hidrógeno al alqueno que aparece en el epígrafe 2.4 y responda:

a) ¿Por qué se denomina mecanismo de adición electrofílica?

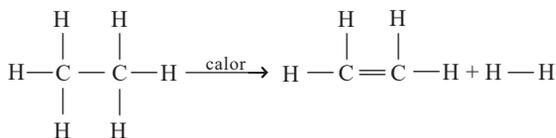
- b) ¿Qué tipo de ruptura se produce en la molécula de un halogenuro de hidrógeno cuando reacciona con un alqueno?
- c) ¿Qué nombre recibe la especie formada en el primer paso?
- 2.18 Determine la masa de bromuro de hidrógeno necesario para que reaccionen completamente 200 g de propeno.

2.5 Obtención de los alquenos

En general, son muy pocos los alquenos que existen en la naturaleza.

Los alquenos de baja masa molar se obtienen en la industria principalmente, mediante el craqueo de fracciones del petróleo.

Por ejemplo:



Etano

En la reacción anterior cada molécula de la sustancia reaccionante pierde dos átomos de hidrógeno unidos a dos átomos de carbono vecinos. Por tal razón, en esta reacción se desprende dihidrógeno gaseoso.

En el laboratorio son varios los métodos que se emplean en la síntesis de alquenos de elevada masa molar. Cada uno de estos métodos implica la pérdida intramolecular (eliminación) de dos átomos o grupos de átomos situados en carbonos vecinos, con la consiguiente formación del doble enlace carbono-carbono. Por ejemplo, uno de los métodos consiste en hacer reaccionar un halogenuro de alquilo con una disolución alcohólica de hidróxido de potasio. En esta reacción se obtiene el alqueno correspondiente, haluro de potasio y agua.

???

- 2.19 Describa el método de obtención de alquenos en la industria.
- 2.20 Escriba la ecuación que representa la transformación siguiente:



2.6 Aplicaciones de los alquenos

Los alquenos se emplean, esencialmente, como materia prima en la síntesis de otros compuestos orgánicos de gran utilización industrial. Sus aplicaciones están relacionadas con sus propiedades químicas.

Algunos usos de los alquenos se ofrecen en la tabla 2.2.

El 1,2-dicloroetano es un líquido volátil, muy empleado como disolvente en las industrias textiles y como desinfectante en la agricultura, mientras que el cloroetano es un gas muy utilizado como anestésico en operaciones sencillas.

Tabla 2.2

Algunas propiedades de los alquenos y sus aplicaciones

<i>Propiedad química</i>	<i>Aplicación</i>	<i>Ejemplo</i>
Adición de dihidrógeno	Síntesis de alcanos	Obtención de etano a partir de eteno y dihidrógeno
Adición de halógenos (dicloro y dibromo)	Síntesis de halogenuros de alquilo	Obtención de 1,2-dicloroetano a partir de eteno y dicloro
Adición de halogenuros de hidrógeno	Síntesis de halogenuros de alquilo	Obtención de cloroetano a partir de eteno y cloruro de hidrógeno
Polimerización por adición	Síntesis de polímeros	Obtención de plásticos, de polipropileno a partir del propeno y de polietileno a partir del eteno

Los plásticos son muy usados en diversos campos de la economía, por ejemplo, en radiotecnía, electrotecnía, en la fabricación de aviones, barcos, automóviles, útiles para el hogar, etcétera.

???

2.21 Argumente la afirmación siguiente:

Los alquenos sirven de punto de partida en la industria de la síntesis orgánica.

2.22 ¿En qué propiedad del eteno se basa la obtención del polietileno?

2.23 ¿Cree usted que los alquenos puedan ser utilizados generalmente como combustibles? Explique.

2.7 Alquinos. Serie homóloga. Propiedades físicas. Estructura

Los alquinos son hidrocarburos no saturados que contienen un triple enlace carbono-carbono. En estos compuestos dichos átomos de carbono comparten tres partes de electrones, por lo que poseen mayor grado de insaturación que los alquenos, lo cual determina que tenga menos átomos de hidrógeno que los alcanos y los alquenos de igual número de átomos de carbono.

Serie homóloga

Su fórmula general es C_nH_{2n-2} .

El etino o acetileno es el alqueno de estructura más sencilla.

Propiedades físicas

La representación, el nombre y varias de las propiedades físicas de los primeros cuatro miembros de la serie homóloga del etino se ofrecen en la tabla 2.3

Las propiedades físicas de los alquinos de la serie homóloga del etino también varían con el aumento de la masa molar.

La densidad (excepto en el l-butino) y la temperatura de ebullición aumentan de manera consecutiva con el incremento de la cadena carbonada, mientras que la temperatura de fusión aumenta de modo irregular. Estos valores son ligeramente superiores a los correspondientes a los alcanos y los alquenos de igual número de átomos de carbono.

Los alquinos de dos a cuatro átomos de carbono son gases, de 5 a 16 átomos de carbono son líquidos y los restantes son sólidos a temperatura ambiente. Todos son poco solubles en agua y se disuelven en disolventes apolares y de muy baja polaridad, ya que al igual que los anteriores hidrocarburos estudiados, sus moléculas son muy poco polares.

En general, las propiedades físicas de los alquinos de la serie homóloga del etino son similares a las de los alcanos y los alquenos de igual número de átomos de carbono de sus respectivas series homólogas.

Tabla 2.3

Algunos alquinos de la serie homóloga del etino y varias de sus propiedades físicas

<i>Fórmula estructural (semidesarrollada)</i>	<i>Nombre del alquino</i>	<i>Densidad (g/mL)</i>	<i>Temp. de ebullición (°C)</i>	<i>Temp. de fusión (°C)</i>
$\text{CH}\equiv\text{CH}$	etino	0,618	-75	-82
$\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$	propino	0,671	-23	-102
$\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	l-butino	0,668	9	-122
$\text{CH}\equiv\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}_3$	l-pentino	0,690	40	-98
$\text{CH}\equiv\text{C}-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}_3$	l-hexino	0,719	72	-124

Estructura

El miembro más simple de la serie es el etino o acetileno, por lo que, al analizar la presencia del triple enlace carbono-carbono se estudia la característica distintiva de las estructuras de los alquinos en general, es decir, su grupo funcional.

Por métodos físicos se ha comprobado que en la molécula de etino los dos enlaces carbono-hidrógeno son energéticamente iguales, que el ángulo de enlace entre los átomos es de 180° y que todos ellos se encuentran en un mismo plano. Ambos enlaces, carbono-hidrógeno y carbono-carbono son simétricos alrededor del punto de unión mediante enlaces σ . En la formación del triple enlace carbono-carbono están comprometidos tres electrones por cada átomo de carbono, el cual está constituido por un fuerte enlace σ y dos enlaces débiles π .

La estructura del etino se puede explicar mediante la hibridación sp del átomo de carbono. En este átomo (fig. 1.3, capítulo 1), la unión de un orbital s y un orbital p forman dos orbitales sp quedándose dos orbitales p sin hibridar (fig. 2.6).

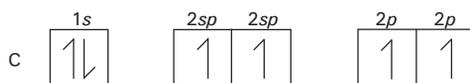


Fig. 2.6 Distribución electrónica de un átomo de carbono con hibridación sp

Los dos orbitales híbridos sp se encuentran a lo largo de una línea recta con un ángulo de 180° (fig. 2.7).

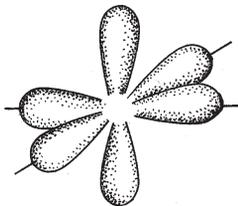


Fig. 2.7 Esquema de la hibridación sp del átomo de carbono

En la molécula de etino ocurre el solapamiento frontal de un orbital híbrido sp de cada átomo de carbono con el orbital s del átomo de hidrógeno respectivo y de dos orbitales híbridos sp entre sí (uno de cada átomo de carbono), originándose dos enlaces carbono-hidrógeno ($sp-s$) y un enlace carbono-carbono ($sp-sp$), ambos de tipo σ .

Los otros dos enlaces carbono-carbono se forman por el solapamiento lateral de los respectivos orbitales p , por encima y por debajo del plano de la molécula, y son de tipo π ($p-p$).

La molécula de etino puede representarse como se ilustra la figura 2.8.

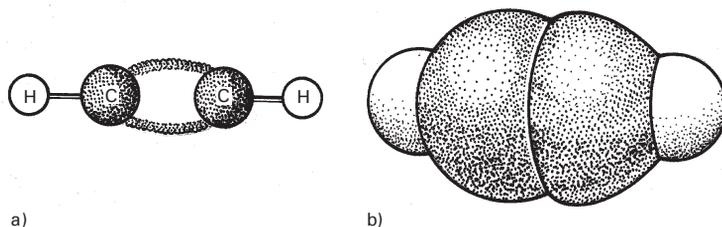
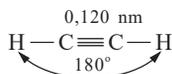


Fig. 2.8 Estructura de la molécula de etino: a) modelo de bolas y vástagos; b) modelo de calotas

La energía total del triple enlace es de $814,28 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

La distancia del enlace carbono-carbono es $0,120 \text{ nm}$ y la de los enlaces carbono-hidrógeno $0,106 \text{ nm}$.



En resumen, el triple enlace carbono-carbono característico de los alquinos está formado por un enlace σ ($sp-sp$) fuerte y dos enlaces π ($p-p$) débiles. Al igual que en los alquenos, el resto de los átomos de carbono de la cadena carbonada presenta hibridación sp_2 .

Los alquinos, en general, son compuestos de baja polaridad por lo que la variación de sus propiedades físicas son bastante similares a la de los alcanos y alquenos de igual número de átomos de carbono.

Los alquinos de cadena ramificada tienen temperaturas de ebullición más bajas que los de cadena lineal de igual número de átomos de carbono, ya que, a medida que aumenta el número

de ramificaciones se hacen menos voluminosas y, por ello, las fuerzas intermoleculares disminuyen.

???

2.24 ¿Por qué las temperaturas de ebullición de los alquinos aumentan a medida que se incrementa la masa molar?

2.25 ¿Cuál es la naturaleza del triple enlace carbono-carbono?

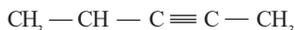
2.26 ¿A qué atribuye usted que los alquinos sean más reactivos que los alcanos? Explique sobre la base de la estructura.

2.8 Nomenclatura. Notación química e isomería de los alquinos

Las reglas de nomenclatura de la IUPAC para estos compuestos son muy similares a la de los alquenos, pues solo varía la terminación de sus nombres, que en los alquinos es *ino*. Por ejemplo:



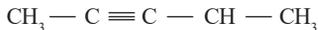
2-butino



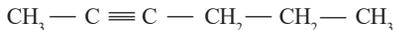
4-metil-2-hexino

Los alquinos manifiestan isomería de cadena y de posición, al igual que los alquenos.

Ejemplo de isómeros de cadena son:

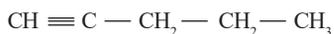


4-metil-2-pentino

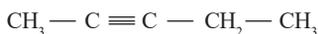


2-hexino

Ejemplo de isómeros de posición son:



1-pentino



2-pentino

???

2.27 Escriba el nombre o la fórmula, según corresponda:

a) propino ,

b) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} \equiv \text{CH}$,

c) $\text{CH} \equiv \text{C} - \text{CH} - \text{CH}_3$,

d) 3-metil-1-pentino.



2.28 Escriba las fórmulas semidesarrolladas de un isómero de posición del 1-hexino.

2.29 Un hidrocarburo tiene fórmula C_5H_8 .

a) ¿Qué tipo de hidrocarburo es?

- b) ¿Cuál será la fórmula estructural de cadena lineal. Formule y nombre los posibles isómeros de cadena.
- c) ¿Cuál de los isómeros representados por usted posee menor temperatura de ebullición? Explique.

2.9 Propiedades químicas de los alquinos

Las propiedades químicas de los alquinos están determinadas por la existencia del triple enlace carbono-carbono en sus moléculas y la causa de su gran actividad química es la alta densidad electrónica de los enlaces π .

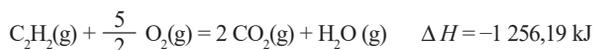
Al igual que los alquenos, los alquinos intervienen en reacciones de oxidación y de adición.

Reacción de oxidación

Los alquinos reaccionan con el dióxigeno y con oxidantes fuertes, de modo semejante a los alquenos.

Reacción de combustión. Como todos los hidrocarburos, los alquinos participan en reacciones de combustión completa e incompleta, en dependencia del volumen de dióxigeno con que reaccionen.

Por ejemplo, el etino es combustible y arde en atmósfera de dióxigeno puro, produciendo una llama no luminosa que puede alcanzar temperaturas de hasta 3 000 °C.



En la combustión incompleta del etino este arde con una llama más luminosa que en los casos del etano y el eteno, de igual número de átomos de carbono. Esto se debe a que el etino es un hidrocarburo más insaturado que los otros y, por tanto, tiene mayor porcentaje de carbono que ellos.

Reacción con otros oxidantes. Como el reactivo de Baeyer se puede emplear para determinar la presencia de insaturaciones en compuestos orgánicos, es de esperar que los alquinos decoloren una disolución acuosa ligeramente básica de permanganato de potasio, produciendo un precipitado de color pardo de dióxido de manganeso.

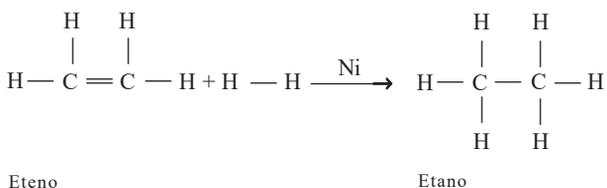
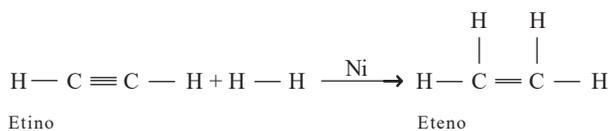
Reacción de adición

Las reacciones de adición de los alquinos son muy semejantes a las que experimentan los alquenos. Entre estas se encuentran las reacciones de hidrogenación, de adición de halógenos y de halogenuros de hidrógeno.

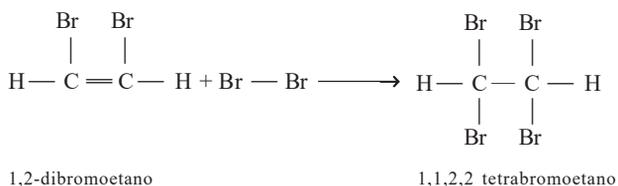
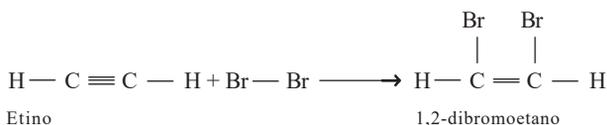
A diferencia de los alquenos en estas reacciones los alquinos pueden adicionar doble cantidad de moléculas de dihidrógeno, de halógeno y de halogenuro de hidrógeno, como consecuencia de su mayor insaturación.

Adición de dihidrógeno. En las reacciones de hidrogenación de los alquinos, la primera adición produce un alqueno y la segunda un alcano. Sin embargo, si se eligen adecuadamente las condiciones de la reacción es posible interrumpir la hidrogenación y aislar el alqueno.

La adición de dihidrógeno al etino se puede representar así:



Adición de halógenos. En esta reacción, al alquino se adicionan dos moléculas del halógeno (dibromo). Por ejemplo:

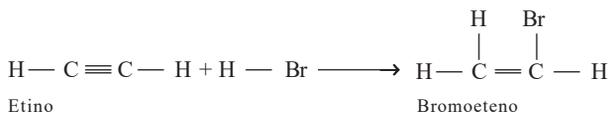


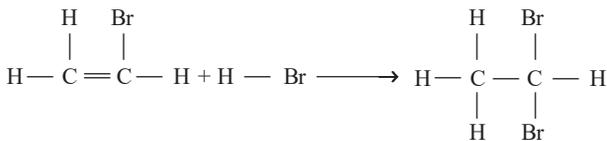
Esta reacción no solo se utiliza para determinar la presencia de alquenos, sino también de alquinos, pues la disolución diluida de bromo en tetracloruro de carbono se decolora cuando reacciona con compuestos insaturados.

La reacción del diyodo con un alquino ocurre lentamente y se detiene después de la primera etapa. Mediante esta reacción, se puede identificar a los alquinos de los alquenos, ya que estos últimos no reaccionan con el diyodo.

Adición de halógenos de hidrógeno. El orden de reactividad de los halógenos de hidrógeno con los alquinos es semejante al de los alquenos: $\text{HI} > \text{HBr} > \text{HCl}$. Estas reacciones transcurren lentamente e incluso con bromuro de hidrógeno, y con cloruro de hidrógeno se emplea un catalizador para que las reacciones ocurran a temperatura ambiente.

La adición de halógenos de hidrógeno a un alquino tiene lugar en dos etapas, como las reacciones antes descritas. Por ejemplo:





Bromoeteno

1,1-dibromoetano

El mecanismo de cada una de estas reacciones es de adición electrofílica, por lo que primero ocurre el ataque electrofílico y después el ataque nucleofílico..

???

2.30 ¿En qué tipos de reacciones participan los alquinos?

2.31 Escriba las ecuaciones de las reacciones siguientes:

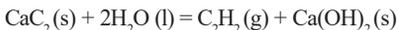
- Combustión completa del 1-butino.
- Adición de dicloro al propino.
- Hidrogenación del 2-pentino.
- Adición de cloruro de hidrógeno al propino.

2.10 Obtención del etino

El etino o acetileno es el miembro de la serie homóloga de mayor importancia industrial. Este alquino a diferencia del resto de la serie se puede obtener por métodos directos. El método más generalizado para la obtención del etino en el laboratorio es mediante la reacción del carburo de calcio* con agua.

???

2.32 Al reaccionar totalmente 10 g de carburo de calcio con agua se obtienen 3,8 g de acetileno. Calcule la pureza de carburo de calcio utilizado.

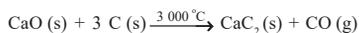


2.11 Aplicaciones del etino

El acetileno se usa como combustible y como fuente de materia prima para la producción de diversos compuestos orgánicos. Sus aplicaciones están muy relacionadas con sus propiedades químicas.

Se emplea como *combustible* fundamentalmente, en el soplete oxiacetilénico, para soldar y cortar metales, ya que la llama producida en su combustión completa con el dióxígeno puede alcanzar temperaturas de hasta 3 000 °C.

* El carburo de calcio de fórmula estructural $\begin{array}{c} \text{C} \\ ||| \\ \text{C} \end{array} \text{Ca}$ se obtiene por la reacción del óxido de calcio con el coque (carbono):



El acetileno se ha utilizado en las lámparas de carburo, como fuente de iluminación, pues su llama es blanca y brillante cuando reacciona con el dióxígeno del aire.

Debido a su elevada reactividad y bajo costo, el etino se emplea como *materia prima* en la síntesis de productos orgánicos de importancia comercial, tales como el ácido acético (componente esencial del vinagre) y un gran número de monómeros, a partir de los cuales es posible fabricar, mediante el proceso de polimerización, caucho sintético y plásticos.

Para ser utilizado comercialmente, el acetileno se envasa a presión, en cilindros de acero que contienen un material poroso impregnado en acetona. De esta forma, se evitan accidentes, ya que el etino licuado es un tanto inestable y puede explotar violentamente por calefacción a baja presión.

???

2.33 Resuma en un cuadro las aplicaciones del etino y la propiedad en que se basa cada una.

2.34 En un país determinado existen grandes yacimientos de carbón y de cal, y se dispone de suficiente energía hidroeléctrica para usos industriales. Investigue cómo se obtienen industrialmente, en este lugar los productos siguientes:

a) caucho sintético, b) ácido acético.

2.12 *Hidrocarburos aromáticos. El benceno. Propiedades. Estructura*

Los hidrocarburos aromáticos son compuestos cíclicos cuyas estructuras poseen una forma especial de insaturación.

El término aromáticos se debe a que en los inicios del estudio de la química orgánica se nombraron así aquellas sustancias que tenían estructuras desconocidas y olor agradable, tales como el benjuí y el bálsamo de tolú. En la actualidad esta denominación no tiene relación alguna con el olor.

Los hidrocarburos aromáticos poseen un porcentaje mayor de carbono comparado con el resto de los hidrocarburos estudiados.

El benceno

El benceno (C_6H_6) es el representante más sencillo de todos los hidrocarburos aromáticos.

Propiedades

Es un líquido incoloro, menos denso que el agua e insoluble en ella, de olor agradable, y cuyas temperaturas de ebullición y de fusión son $80\text{ }^\circ\text{C}$ y $5\text{ }^\circ\text{C}$, respectivamente. Fue descubierto por Michael Faraday en 1825, al aislarlo del gas de alumbrado.

Los hidrocarburos que presentan estructuras y propiedades químicas semejantes al benceno se nombran hidrocarburos aromáticos.

Estructura

En 1845 Hofmann consiguió aislar al benceno del alquitrán de hulla. Diversos experimentos fueron realizados en aquella época con resultados positivos pero el desconocimiento de la estructura de esta sustancia era una limitación al desarrollo de la química orgánica y,

por ende, al de la industria. Numerosos investigadores se dieron a la tarea de determinar esta estructura.

La estructura más aceptada fue la presentada por Kekulé en 1865. El propuso que esta debía ser hexagonal cíclica, formada por tres enlaces doble carbono-carbono alternados con simples enlaces entre estos átomos, donde cada átomo de carbono estaba unido a un átomo de hidrógeno. Al existir dos posibilidades de colocación de los enlaces, supuso que se establecía un equilibrio dinámico entre ambas estructuras (fig. 2.9).

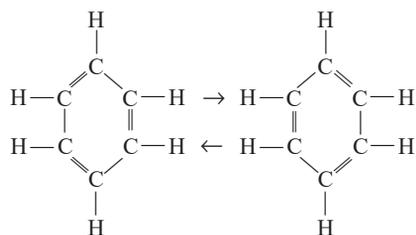


Fig. 2.9 Equilibrio dinámico propuesto por Kekulé para explicar la estructura del benceno

En realidad esta estructura del benceno no justifica algunas de sus propiedades físicas y químicas, lo cual condujo a la conclusión de que la estructura real de esta sustancia no se corresponde con la propuesta por Kekulé.

En la actualidad la estructura del benceno se explica basándose en la hibridación sp_2 del átomo de carbono (fig. 2.1). Según este modelo, cada átomo de carbono forma tres enlaces σ (dos con los átomos de carbono contiguos, sp_2-sp_2 , y uno con el átomo de hidrógeno (sp_2-s), en los que el solapamiento es frontal. La interpretación de los orbitales híbridos sp_2 de los seis átomos de carbono da como resultado una molécula plana de forma hexagonal y ángulos internos de 120° (fig. 2.10).

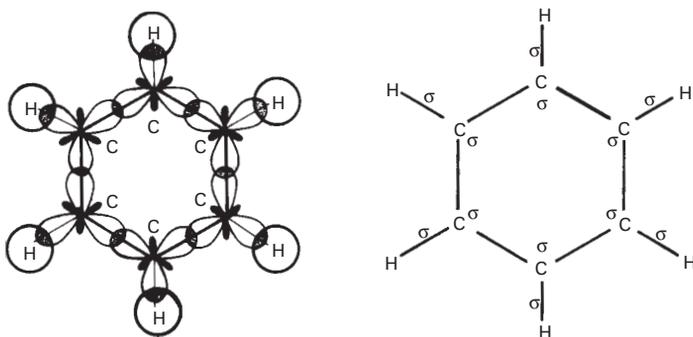


Fig. 2.10 Esquema de los enlaces carbono-carbono σ (sp_2-sp_2), y carbono-hidrógeno, σ (sp_2-s), en la molécula de benceno

En cada uno de los seis átomos de carbono queda un electrón en el orbital p . Estos orbitales son perpendiculares al plano y sus lóbulos están situados por encima y por debajo de este (fig. 2.11).

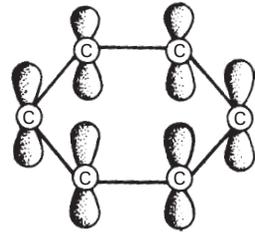


Fig. 2.11 Esquema de los orbitales p en la molécula de benceno

Estos orbitales p se solapan lateralmente y dan como resultado dos nubes electrónicas, formadas por seis electrones π que abarcan los seis átomos de carbono. Estos electrones pueden desplazarse libremente a todo lo largo de las nubes, produciendo cierta deslocalización que le proporciona estabilidad a la molécula (fig. 2.12).

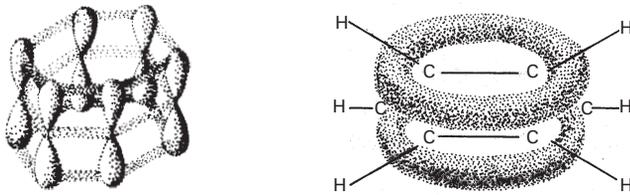


Fig. 2.12 Esquema de los enlaces π en la molécula de benceno

De acuerdo con lo anterior, la estructura de la molécula del benceno se representa por un hexágono con un anillo interior, que corresponde al sexteto de electrones π (fig. 2.13).

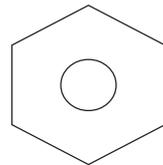


Fig. 2.13 Representación gráfica del benceno

La molécula de benceno es simétrica, debido a esto su densidad electrónica está uniformemente distribuida. De ahí, que sea poco polar, lo cual justifica la solubilidad de esta sustancia en compuestos de baja polaridad y que no se disuelva en disolventes como el agua.

???

2.35 Describa las propiedades aromáticas del benceno.

2.36 Argumente la afirmación siguiente:

El benceno reacciona preferentemente con reactivos electrofílicos.

2.37 Explique las características de la estructura del benceno con enlaces π deslocalizados.

2.13 Propiedades químicas del benceno

La nube de electrones π en la molécula de benceno le confiere a esta sustancia la posibilidad de reaccionar con reactivos electrofílicos. No obstante, la gran estabilidad del anillo bencénico da lugar a que las reacciones típicas del benceno y de los demás hidrocarburos aromáticos sean reacciones de sustitución electrofílica, en las que uno o más átomos de hidrógeno son sustituidos por otro u otros átomos o grupos de estos.

El benceno también interviene en reacciones de adición, pero a diferencia de los hidrocarburos no saturados lo hace limitadamente y en determinadas condiciones.

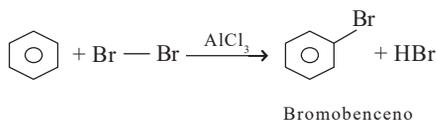
En condiciones normales el benceno no reacciona con agentes oxidantes, agentes reductores, ácidos e hidróxidos.

Este conjunto de propiedades características del benceno y de los compuestos aromáticos se denominan propiedades aromáticas.

Reacción de sustitución

Entre las reacciones de sustitución electrofílica en las que participa el benceno están las reacciones de halogenación, de alquilación y de nitración.

Reacción con los halógenos. El benceno reacciona con el dicloro y el dibromo en presencia de un catalizador, formando el derivado halogenado y el halogenuro de hidrógeno correspondiente:



Reacción de adición

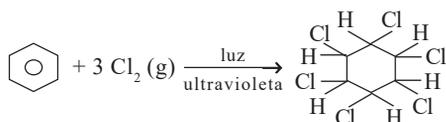
El benceno experimenta pocas reacciones de adición en condiciones determinadas y en presencia de catalizadores. Las principales reacciones de adición del benceno son la hidrogenación catalítica y la cloración.

???

2.38 ¿A qué se debe que el benceno, compuesto altamente insaturado, participe en reacciones de sustitución con más facilidad que en reacciones de adición, como es de esperar?

2.39 Escriba la ecuación química que representa la obtención del clorobenceno a partir de la reacción del benceno con dicloro en presencia de AlCl_3 como catalizador.

2.40 Calcule la masa en gramos de dicloro que se necesita para que reaccionen completamente 200 g de benceno en presencia de luz ultravioleta a partir de la ecuación:



- 2.41 El benceno y el 1-hexeno reaccionan con el dibromo (disuelto en tetracloruro de carbono); sin embargo, el benceno es mucho menos reactivo que el 1-hexeno en esta reacción:
- Argumente la afirmación anterior.
 - Nombre los productos que se forman en ambos casos.

2.14 Aplicaciones del benceno

El benceno se utiliza como combustible, disolvente y materia prima para obtener diversas sustancias de gran importancia industrial.

El benceno como *combustible* se agrega a la gasolina para mejorar sus propiedades combustibles, por poseer un octanaje* elevado.

En la industria química el benceno se usa como materia prima. A partir de este se produce la síntesis de numerosos compuestos de gran aplicación tales como el clorobenceno (se emplea para obtener varias sustancias entre ellas el DDT, que es un fuerte insecticida), el metilbenceno o tolueno (a partir del cual se sintetiza el trinitrotolueno, denominado TNT que es un poderoso explosivo), colorantes y detergentes.

???

- 2.42 Escriba la fórmula desarrollada del benceno, mencione una aplicación y diga en qué propiedad se basa.

Resumen de ejercicios

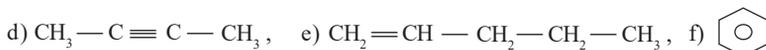
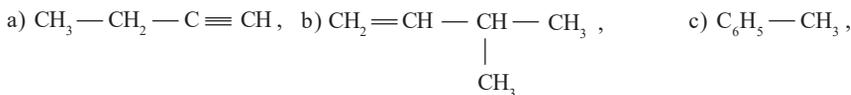
- 2.43 Establezca una comparación entre los alcanos, los alquenos y los alquinos en cuanto a:
- Fórmula general.
 - Tipo de enlace carbono-carbono.
 - Propiedades físicas.
 - Reactividad.
 - Propiedades químicas.
 - Métodos de obtención.
 - Tipos de isomería.
- 2.44 Complete en su libreta el cuadro siguiente:

Nombre	Fórmula semidesarrollada	Función
3-metil-1-buteno	$\begin{array}{ccccccc} \text{CH}_2 & = & \text{C} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH} & - & \text{CH}_3 \\ & & & & & & & & \\ & & & & & & \text{CH}_3 & & \\ & & & & & & \text{C}_2\text{H}_5 & & \end{array}$	alqueno

* El octanaje o número de octano da una medida del poder antidetonante de la gasolina ensayada.

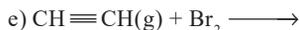
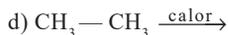
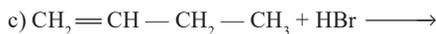
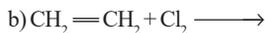
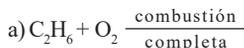
Nombre	Fórmula semidesarrollada	Función
	$ \begin{array}{ccccccc} & & \text{CH}_3 & & & & \\ & & & & & & \\ \text{CH}_3 & - & \text{C} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH} & - & \text{CH}_3 \\ & & & & & & & & \\ & & \text{CH}_3 & & & & \text{C}_2\text{H}_5 & & \end{array} $	
4-metil-1-pentino		

2.45 Dadas las fórmulas químicas siguientes:



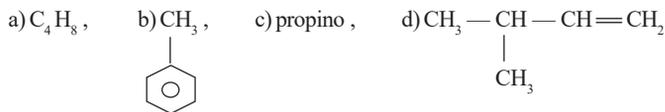
- ¿A qué función química pertenecen cada uno de los compuestos representados?
- Escriba la fórmula de un homólogo del compuesto representado en a). Nómbralo.
- Determine cuáles de ellos son isómeros y diga qué tipo de isomería presentan.
- Nombre el compuesto representado en f), mencione una aplicación de este y la propiedad en que se basa.

2.46 Escriba las ecuaciones que representan los esquemas de reacción siguientes:



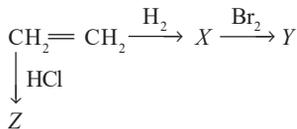
2.47 En el laboratorio se necesita preparar dibromoetano a partir del etano. Escriba las ecuaciones químicas que representan dicho proceso.

2.48 Teniendo en cuenta los nombres y las fórmulas químicas siguientes:

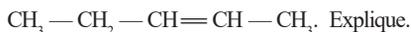


- ¿A qué función química pertenece el compuesto representado en a)?
- Nombre el compuesto representado en b).
- Escriba la fórmula desarrollada del compuesto nombrado en c).
- Formule un isómero de posición del compuesto representado en d).

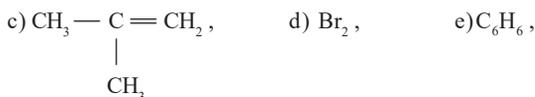
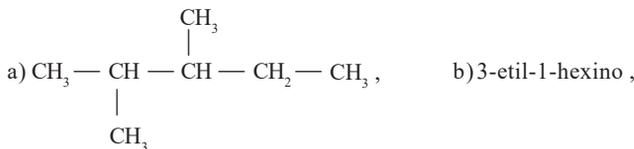
- 2.49 Calcule la masa en gramos de dióxido de carbono que se obtiene en la combustión completa de 130 g de etino, con un 80 % de pureza.
- 2.50 Escriba las ecuaciones que representan las transformaciones siguientes:



- 2.51 ¿Qué volumen, a TPEA, ocupan 3 mol de propeno?
- 2.52 Son homólogos el 1-penteno y el compuesto representado a continuación:



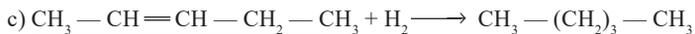
- 2.53 Dados los nombres y las fórmulas siguientes:



- f) 2-metil-1buteno.

- 1) ¿A qué función química pertenece el compuesto representado en f).
 - 2) Escriba el nombre del compuesto representado en a).
 - 3) Escriba las fórmulas estructurales de los compuestos nombrados en b) y f).
 - 4) Formule un isómero de posición del compuesto representado en b).
 - 5) Escriba la ecuación química de la reacción que ocurre entre los compuestos representados en c) y d).
 - 6) ¿Qué volumen, a TPEA, ocupan 200 g de dicloro?
- 2.54 Escriba las ecuaciones químicas que representan los hechos experimentales siguientes:
- a) La reacción del etano con dicloro en presencia de luz.
 - b) Al reaccionar el propeno con el cloruro de hidrógeno se produce un derivado halogenado.
 - c) El etano se puede obtener a partir del etino.

- 2.55 Dadas las ecuaciones químicas siguientes:



- 1) Formule un isómero de posición del compuesto cuya fórmula aparece subrayada en c). Nómbralo.
- 2) Seleccione cuál de las ecuaciones representa una reacción de sustitución.
- 3) Mencione una aplicación basada en la propiedad química que se representa en a).

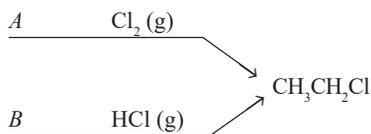
2.56 Calcule la masa en gramos de:

- a) 0,5 mol de 2,2-dimetilbutano.
- b) 3 mol de 3-metil-1-pentino.
- c) 3,7 mol de benceno.

2.57 Calcule la cantidad de sustancia que hay en muestras de:

- a) 120 g de 1-pentino.
- b) 200 g de 2,2,3-trimetilhexano.
- c) 80 g de metano.

2.58 De acuerdo con el esquema de transformaciones siguientes:



- a) Identifique por sus fórmulas semidesarrolladas las sustancias A y B.
- b) Escriba la ecuación química que representa la combustión completa de A.
- c) Escriba las ecuaciones que representan dichas transformaciones y seleccione cuál de ellas corresponde a una reacción de adición.

2.59 Calcule la masa en gramos de dicloro, necesaria para que reaccione completamente con una muestra de 250 g de metilbutano.

2.60 Se tienen dos frascos sin etiquetas en el laboratorio, que contienen nonano y 1-hexeno, respectivamente. ¿Qué ensayo usted realizaría para identificar cada una de estas sustancias. Explique.

2.61 Al reaccionar el 1-buteno con bromuro de hidrógeno se obtiene el 2-bromobutano en mayor proporción que el 1-bromobutano. Explique a qué se debe esto.

3 ALCOHOLES

INTRODUCCIÓN

Corresponde ahora referirse a una clase particular de compuestos orgánicos: los alcoholes, que no son más que compuestos oxigenados de los hidrocarburos.

Si se tratara de representar la fórmula estructural de los alcoholes, ¿cómo estaría unido el átomo de oxígeno a la cadena carbonada? La presencia del oxígeno le confiere a estos compuestos propiedades diferentes?, ¿por qué?, ¿cuáles son? Precisamente en este capítulo se estudiará entre otras cosas, la influencia que ejerce el átomo de oxígeno en las propiedades de estas sustancias.

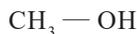
3.1 Alcoholes. Clasificación

Los alcoholes son compuestos orgánicos constituidos por carbono, oxígeno e hidrógeno, y que presentan en su estructura uno o varios grupos hidroxilos ($-\text{OH}$) unidos a la cadena carbonada. Esta cadena carbonada o grupo alquilo puede estar ramificada o sustituida y ser abierta o cíclica.

Atendiendo a su estructura los alcoholes se clasifican según el número de grupos hidroxilos en la cadena carbonada y el tipo de carbono al cual está unido el grupo $-\text{OH}$.

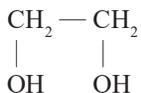
Según el número de grupos hidroxilos en la cadena carbonada pueden ser alcoholes monohidroxilados (poseen un grupo $-\text{OH}$) y alcoholes polihidroxilados (tienen más de un grupo $-\text{OH}$). Ejemplos de estos se representan a continuación:

*Alcohol
monohidroxilado*

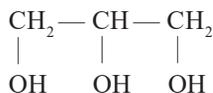


Metanol
(alcohol metílico)

*Alcoholes
polihidroxilados*



1,2-etanodiol
(etilenglicol)



1,2,3-propanotriol
(glicerina)

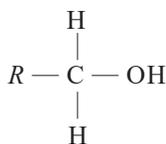
Si en la cadena carbonada de un hidrocarburo se sustituye un átomo de hidrógeno por un grupo hidroxilo, resulta un alcohol monohidroxilado.

Los alcoholes polihidroxilados con dos grupos hidroxilos unidos a la cadena carbonada se nombran dioles o glicoles, y con tres, trioles. Estos no son más que la sustitución de dos y tres átomos de hidrógeno, respectivamente, en la molécula de un hidrocarburo, por igual cantidad de grupos hidroxilos.

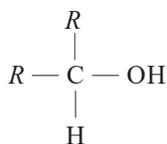
En los alcoholes polihidroxilados los grupos $-\text{OH}$ están unidos a diferentes átomos de carbono, ya que dos grupos hidroxilos enlazados a un mismo átomo de carbono dan lugar a un compuesto inestable.

Según el tipo de carbono al cual está unido el grupo $-OH$ los alcoholes pueden ser primarios, secundarios y terciarios.

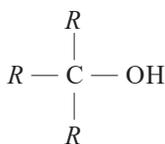
En los alcoholes primarios el grupo hidroxilo ($-OH$) está unido a un carbono primario en los alcoholes secundarios, a un carbono secundario, y en los alcoholes terciarios, a un carbono terciario, los cuales se pueden representar de forma general, así:



Alcohol primario



Alcohol secundario



Alcohol terciario

En las representaciones anteriores los grupos $-R$ (cadenas carbonadas o grupos alquilo) pueden ser iguales o diferentes.

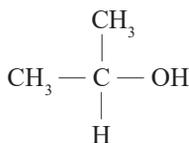
A continuación se presenta un ejemplo de cada uno de estos alcoholes:

Alcohol primario



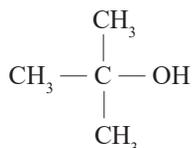
Etanol
(alcohol etílico)

Alcohol secundario



2-propanol
(alcohol isopropílico)

Alcohol terciario



metil-2-propanol
(alcohol terbutílico)

???

- 3.1 ¿Cuál es el grupo funcional que caracteriza a los alcoholes?
- 3.2 ¿Cómo se clasifican los alcoholes, según el número de grupos hidroxilos en la cadena carbonada.
- 3.3 Represente mediante fórmulas semidesarrolladas un alcohol primario, un alcohol secundario y un alcohol terciario.

3.2 Serie homóloga de los alcoholes monohidroxilados. *Propiedades físicas. Estructura*

Serie homóloga

Los alcoholes son compuestos de fórmula general ROH . El primer representante de la serie homóloga de los alcoholes monohidroxilados es el metanol. En la tabla 3.1 se ofrecen varios datos de algunos miembros de la serie homóloga del metanol.

Tabla 3.1

Representación, nombre y varias propiedades físicas de algunos alcoholes monohidroxilados de la serie homóloga del metanol

<i>Fórmula semidesarrollada</i>	<i>Nombre del alcohol</i>	<i>Densidad (g/mL)</i>	<i>Temp. de ebullición (°C)</i>	<i>Temp. de fusión (°C)</i>
$\text{CH}_3 - \text{OH}$	metanol	0,793	64,5	- 97
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	etanol	0,789	78,3	- 115
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	1-propanol	0,804	97	- 126
$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	1-butanol	0,810	118	- 90
$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	1-pentanol	0,817	138	- 78,5
$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	1-hexanol	0,819	156,5	- 52
$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	1-heptanol	0,822	175	- 34

Propiedades físicas

De manera semejante a lo que ocurre en las series homólogas de los hidrocarburos estudiados, las propiedades físicas de los alcoholes varían con el aumento de la masa molar.

La temperatura de ebullición y la densidad aumentan consecutivamente a medida que se incrementa el número de grupos metileno.

De los valores de las temperaturas de ebullición y de fusión se puede deducir que a temperatura y presión ambientes no existen alcoholes en estado gaseoso. En estas condiciones los alcoholes de hasta doce átomos de carbono son líquidos y los demás, sólidos.

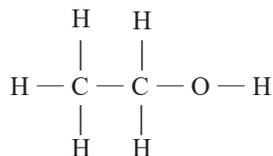
Los alcoholes poseen una densidad mayor que la de los alcanos respectivos, pero todavía son menos densos que el agua.

La solubilidad de los alcoholes en agua disminuye con el aumento de la masa molar. Los alcoholes de hasta cuatro átomos de carbono son solubles en agua. A medida que aumenta la cadena carbonada predomina la parte apolar en la molécula y, por eso, disminuye la solubilidad en agua y aumenta la solubilidad en disolventes apolares.

Estructura

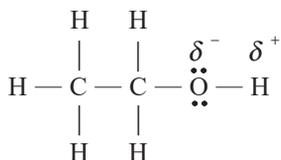
Todos los alcoholes monohidroxilados contienen un grupo hidroxilo (-OH), que es el grupo funcional y el que determina sus propiedades.

La fórmula molecular del etanol o alcohol etílico, conocido comúnmente con el nombre de alcohol, es $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$. Su fórmula estructural es:



La posición del átomo de hidrógeno -H del grupo -OH en la molécula se diferencia de los otros átomos de hidrógeno por el hecho de estar unido al átomo de oxígeno.

Los enlaces C – C, C – O, C – H y O – H son todos covalentes; sin embargo, la distribución de la densidad electrónica en la molécula de etanol no es tan uniforme como en el caso de los hidrocarburos. En el grupo hidroxilo (–OH), el enlace O – H es polar, debido a la mayor electronegatividad del átomo de oxígeno. Por consiguiente, el par de electrones del enlace se encuentra desplazado hacia el oxígeno. Este desplazamiento electrónico en la molécula es una consecuencia de la diferencia de electronegatividades entre el oxígeno y el hidrógeno y se puede representar de la forma siguiente:



La molécula de etanol también se puede representar como se ilustra en la figura 3.1.

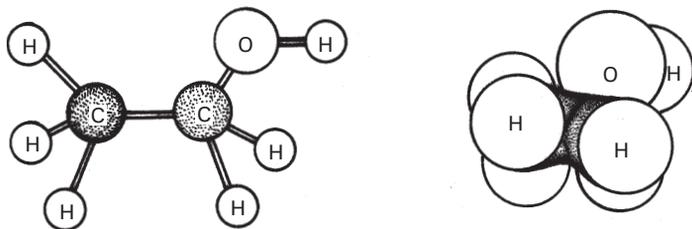


Fig. 3.1 Estructura de la molécula de etanol: a) modelo de bolas y vástagos; b) modelo de calotas

La asociación de las moléculas de alcohol (o de agua) se debe al fenómeno del enlace por puente de hidrógeno. Esto ocurre en el alcohol y el agua de una manera indefinida.

El enlace entre el átomo de oxígeno y el de hidrógeno de dos moléculas vecinas mediante el par de electrones no compartidos se representa por una línea de puntos y recibe el nombre de enlace por *puente de hidrógeno* (fig. 3.2).

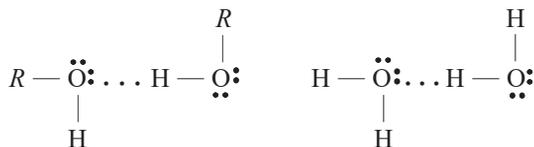


Fig. 3.2 Representación del enlace mediante puente de hidrógeno entre dos moléculas de: a) alcohol; b) agua

Los líquidos como los alcoholes y el agua se denominan líquidos asociados, ya que sus moléculas están unidas entre sí por “enlaces por puentes de hidrógeno”. Esto da lugar a que sea necesario darles más calor para pasar al estado de vapor pues se necesita una energía extra para la ruptura de las atracciones dipolo-dipolo antes de la vaporización. Este fenómeno es la causa de las altas temperaturas de ebullición de los alcoholes y de la gran diferencia entre las temperaturas de ebullición de hidrocarburos saturados y de alcoholes de semejantes masas molares (tabla 3.2).

Tabla 3.2

Temperaturas de ebullición de los alcoholes y los alcanos de aproximadamente la misma masa molar

<i>Fórmula semidesarrollada de alcanos y alcoholes</i>	<i>Masa molar</i>	<i>Temp. de ebullición (°C)</i>
CH ₃ – CH ₃ CH ₃ – OH	30 32	– 88,5 + 64,7
CH ₃ – CH ₂ – CH ₃ CH ₃ – CH ₂ – OH	44 46	– 42,2 + 78,3

¿Será el “enlace por puente de hidrógeno” un enlace fuerte o débil? La energía de enlace por “puente de hidrógeno” es igual a $20,9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, que es notablemente superior que las fuerzas intermoleculares de Van der Waals.

En marcado contraste con los hidrocarburos, los alcoholes de bajas masas molares son solubles en agua, lo cual se debe a la formación de puentes de hidrógeno. Como las moléculas de los alcoholes se mantienen unidas por el mismo tipo de fuerzas intermoleculares que las de agua, puede existir la mezcla de las dos clases de moléculas: puentes de hidrógeno entre dos moléculas de agua o dos de alcohol y formación de puentes de hidrógeno entre una molécula de agua y otra de alcohol (fig. 3.3).

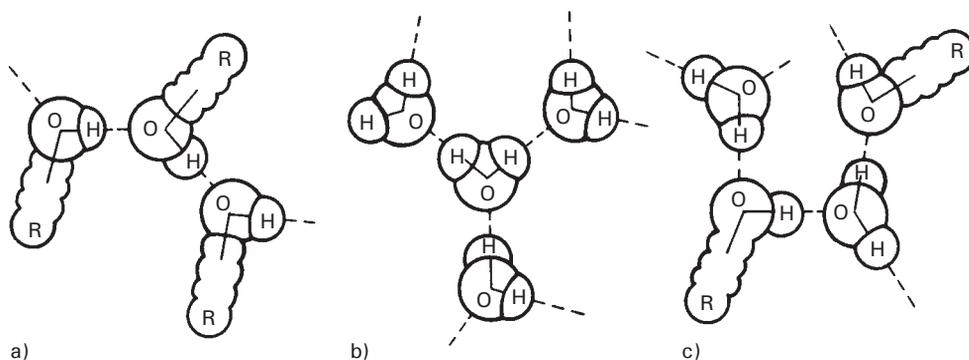


Fig. 3.3 Esquema del enlace por puente de hidrógeno entre las moléculas de: a) alcohol; b) agua; c) agua y alcohol

Sin embargo, esto se cumple solamente para los alcoholes de bajas masas molares, en los que el grupo –OH constituye una parte considerable de la molécula. Una cadena carbonada alifática larga con un pequeño grupo –OH en un extremo es principalmente un alcano, lo que se refleja también en sus propiedades físicas. El cambio de solubilidad en agua con el número de átomos de carbono presentes es gradual. Así, los primeros tres alcoholes, metanol, etanol y 1-propanol son solubles en agua; la solubilidad del 1-butanol es de 8 g por 100 g de agua, la del 1-pentanol, de 2 g, la del 1-hexanol de 1 g y los alcoholes de siete o más átomos de carbono son aún menos solubles. Para fines prácticos, el límite entre solubilidad e insolubilidad en agua de los alcoholes se encuentra entre cuatro y cinco átomos de carbono.

¿Cómo deben ser las propiedades físicas de los alcoholes polihidroxilados? ¿Cómo influye la presencia de varios grupos –OH en las propiedades físicas de los alcoholes?

Los alcoholes polihidroxilados proporcionan más de un lugar en la molécula para formar puentes de hidrógeno y esto se refleja también en sus propiedades. Así, los glicoles de baja masa molar son miscibles en agua y hasta siete átomos de carbono tienen una solubilidad apreciable.

???

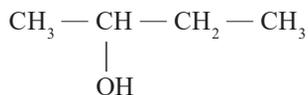
- 3.4 ¿Por qué el 1-butanol tiene mayor temperatura de ebullición que el metanol?
- 3.5 ¿A qué atribuye usted que exista una diferencia tan grande (120 °C) entre las temperaturas de ebullición del propano y el etanol? Analice la tabla 3.2.
- 3.6 ¿Por qué el metanol y el etanol son líquidos y el metano y el etano son gases a temperatura y presión ambientes?
- 3.7 ¿A qué se debe la gran diferencia entre las temperaturas de ebullición de los alcanos y los alcoholes de masas molares parecidas?
- 3.8 ¿Qué explicación puede darle a que el 1-hexanol sea muy poco soluble en agua y el etanol sea soluble en dicho disolvente en todas las proporciones?
- 3.9 ¿Tiene el enlace por puente de hidrógeno la misma fortaleza que un enlace covalente como el C – C? Explique
- 3.10 ¿Son los glicoles solubles en los hidrocarburos parafínicos? ¿Por qué?
- 3.11 ¿A qué se debe la diferencia en las temperaturas de ebullición del etanol y el 1,2-etanodiol, cuyo valor es 197 °C?

3.3 Nomenclatura y notación química de los alcoholes monohidroxilados

Según la IUPAC, las reglas para nombrar los alcoholes monohidroxilados son:

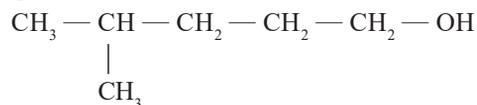
- 1ro. Se selecciona la cadena carbonada más larga que contenga el grupo –OH.
- 2do. Se numera la cadena comenzando por el extremo más cercano al átomo de carbono que está unido al grupo hidroxilo.
- 3ro. Se indica la posición del grupo hidroxilo con un número (en los alcoholes con más de dos átomos de carbono), el cual se coloca antes del nombre de la cadena principal separado por un guión.
- 4to. Si la cadena es ramificada se procede de igual forma que en el caso de los hidrocarburos.
- 5to. Se cambia el nombre del alcano correspondiente a la cadena carbonada principal sustituyendo la *o* final por la terminación *ol*.

Ejemplo 1



2-butanol

Ejemplo 2

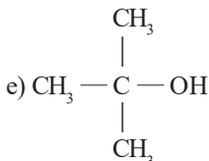
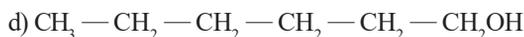
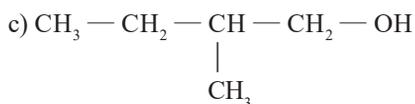
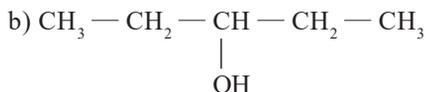
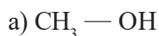


4-metil-1-pentanol

Los alcoholes simples también se conocen por sus nombres comunes, los cuales se forman con la palabra alcohol seguida del grupo alquílico. Por ejemplo, alcohol metílico (metanol), alcohol etílico (etanol), alcohol propílico (1-propanol), etcétera.

???

3.12 A continuación se representan varios alcoholes:



1) Nómbralos.

2) Clasifíquelos, atendiendo a los dos criterios estudiados.

3.13 Escriba la fórmula estructural de un homólogo del etanol.

3.14 Escriba las fórmulas semidesarrolladas de los alcoholes siguientes:

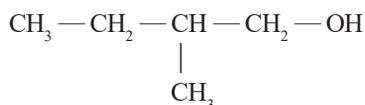
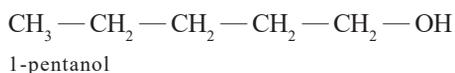
a) 2-pentanol, b) 1-propanol, c) 2-metil-2-heptanol

3.4 *Isomería de los alcoholes monohidroxilados*

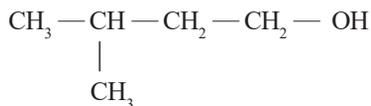
Los alcoholes monohidroxilados presentan diferentes tipos de isomería de cadena, de posición y de función.

Isomería de cadena

La isomería de cadena de dichos compuestos se manifiesta en las diferentes estructuras de alcoholes de igual composición cualitativa y cuantitativa, como consecuencia de la existencia de ramificaciones en la cadena carbonada de uno o más de estos.



2-metil-1-butanol

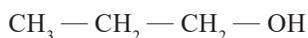


3-metil-1-butanol

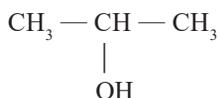
El orden de unión de los átomos en las moléculas de uno de los compuestos representados es diferente al de los otros dos.

Isomería de posición

Este tipo de isomería consiste en la diferente posición del grupo funcional en este caso el grupo $-\text{OH}$ en la cadena carbonada de los alcoholes que tienen la misma composición cualitativa y cuantitativa:



1-propanol



2-propanol

Isomería de función

Los isómeros de función son compuestos que presentan la misma composición cualitativa y cuantitativa, pero distinto grupo funcional.

Así por ejemplo, para la fórmula global $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ obtenemos:



1-butanol

(función alcohol)

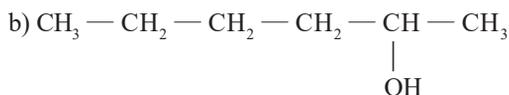
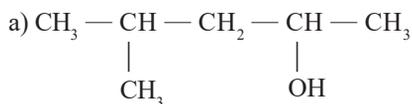


Etoxietano o éter etílico

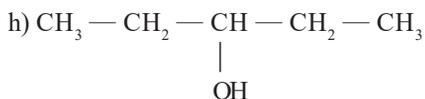
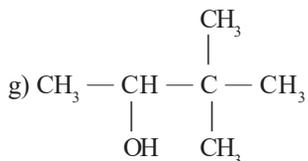
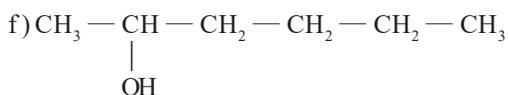
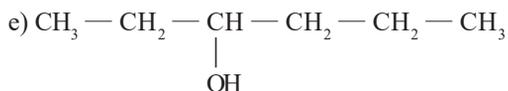
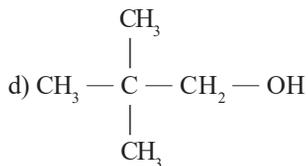
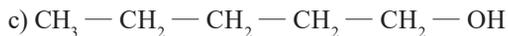
(función éter *)

???

3.15 Identifique los isómeros representados, nómbralos y clasifique el tipo de isomería entre ellos:



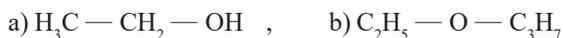
* Los éteres son sustancias formadas por dos grupos alquilo unidos entre sí por medio de un átomo de oxígeno ($R - O - R'$).



3.16 Escriba las fórmulas semidesarrolladas y los nombres de:

- Los isómeros de cadena de un alcohol monohidroxilado de cuatro átomos de carbono.
- Los isómeros de posición de un alcohol monohidroxilado de cuatro átomos de carbono.

3.17 Escriba las fórmulas semidesarrolladas de los isómeros de función de:



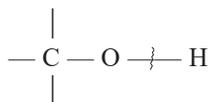
3.5 *Propiedades químicas de los alcoholes monohidroxilados*

Las propiedades químicas de los alcoholes monohidroxilados están determinadas por su grupo funcional, el grupo hidroxilo (–OH).

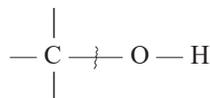
La reactividad de estos compuestos y el lugar por donde generalmente ocurre la acción de las sustancias con que reaccionan, están relacionadas con la estructura de los alcoholes.

Los alcoholes intervienen en numerosas reacciones: unas son de oxidación, otras son de deshidratación y las restantes pueden clasificarse en dos grupos, que son:

a) Reacciones que se llevan a cabo con ruptura del enlace O — H



b) Reacciones que se llevan a cabo con ruptura del enlace C — O



Reacción de oxidación

Los alcoholes reaccionan con el dióxígeno y con otros oxidantes.

Reacción de combustión. Al igual que los compuestos anteriormente estudiados, los alcoholes reaccionan con el dióxígeno, dando dióxido de carbono y agua, y desprendiendo gran cantidad de energía en forma de calor, cuando la combustión es completa.

El etanol arde en atmósfera de dióxígeno con una llama de color azul. La ecuación de esta reacción es:



Reacción con otros oxidantes. Los alcoholes reaccionan con otros oxidantes, como el dicromato y el permanganato de potasio en disolución; pero los productos de estas reacciones, así como la velocidad con que estas ocurren dependen del tipo de alcohol que reacciona.

En estas reacciones los alcoholes primarios y secundarios se oxidan produciéndose otros compuestos oxigenados (aldehídos y cetonas, respectivamente), los cuales serán objeto de estudio en el capítulo siguiente. En condiciones ordinarias los alcoholes terciarios son resistentes a la oxidación, por no tener un átomo de hidrógeno unido al carbono que está enlazado al grupo hidroxilo, como sucede en los otros tipos de alcoholes. No obstante, en medio ácido producen alquenos, los cuales sí se oxidan inmediatamente.

Estas reacciones de oxidación se pueden utilizar para la identificación de los alcoholes primarios y secundarios, de los terciarios.

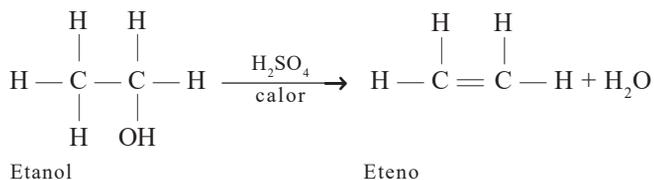
Reacción de deshidratación

Un alcohol puede deshidratarse y convertirse en un alqueno. Esta reacción da lugar a la eliminación de una molécula de agua, mediante un proceso intramolecular.

La reacción de deshidratación requiere de la presencia de un ácido y de calor. En general, se procede por cualquiera de los dos métodos:

a) Calentando el etanol con el ácido sulfúrico hasta temperaturas de 200 °C.

b) Haciendo pasar el vapor del alcohol sobre alúmina (Al_2O_3) calentada a 350-400 °C:



Los diversos tipos de alcoholes difieren ampliamente en su tendencia a deshidratarse. La facilidad de deshidratación de los alcoholes es la siguiente:

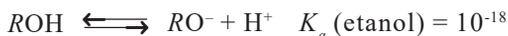
Alcohol terciario > Alcohol secundario > Alcohol primario

La deshidratación de alcoholes es otro método de obtención de alquenos*.

Reacciones que ocurren con la ruptura del enlace O – H

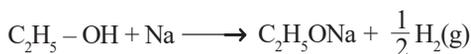
Entre estas se encuentran las reacciones de los alcoholes con los metales alcalinos.

Reacción con los metales alcalinos. Los alcoholes son ácidos débiles. Las constantes de acidez** (K_a) de la mayoría de los alcoholes son del orden de 10^{-18} . Esto significa que los alcoholes son ácidos ligeramente más débiles que el agua $K_a \approx 10^{-16}$.



El grupo alquílico del alcohol lo hace menos ácido que el agua y cuanto más voluminoso sea este, tanto menos ácido resultará el alcohol.

La acidez de los alcoholes queda demostrada por su reacción con metales activos:



Etóxido de sodio

Esta propiedad de los alcoholes se debe a que el par de electrones del enlace entre el oxígeno y el hidrógeno está desplazado hacia el oxígeno que posee una alta electronegatividad, y, como consecuencia de ello el átomo de hidrógeno puede liberarse como protón (H^+).

La acidez de los alcoholes, es decir, la tendencia a ceder el ion H^+ del grupo $-\text{OH}$, es mayor en los alcoholes primarios que en los secundarios y la de estos, mayor que en los terciarios.

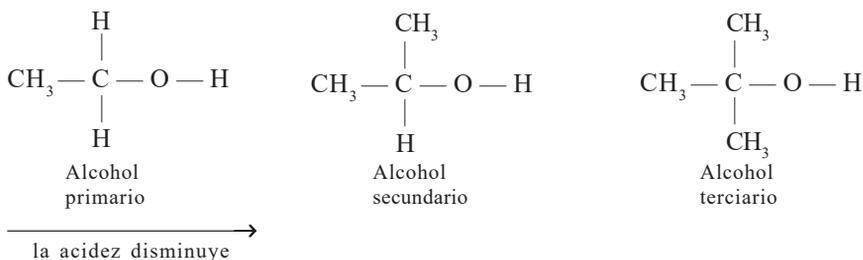
Esta reacción puede utilizarse para diferenciar los distintos tipos de alcoholes.

Por tanto, dependiendo de la naturaleza del alcohol, la velocidad de la reacción con un mismo metal activo, como el sodio o el potasio, decrece de los alcoholes primarios hasta los terciarios.

Al aumentar el número de grupos alquílicos unidos al átomo de carbono que está enlazado al grupo hidroxilo, disminuye la acidez del alcohol.

* Si en la reacción de deshidratación hay un exceso de alcohol, entonces ocurre la deshidratación intermolecular, dando lugar a la formación de un éter.

** La constante de acidez (K_a) es la constante de disociación iónica de los ácidos y nos da una medida de su fortaleza.



Reacciones que ocurren con la ruptura del enlace C – O

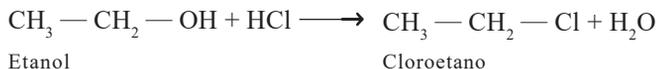
Una de las reacciones de este tipo es la que tiene lugar entre los alcoholes y los haluros de hidrógenos.

Reacción con los haluros de hidrógeno. Los alcoholes reaccionan con los haluros de hidrógeno, dando haluro de alquilo y agua:



En este tipo de reacción los alcoholes se comportan como bases frente a los haluros de hidrógeno (HI, HBr, HCl), lo que implica la ruptura del enlace carbono-oxígeno del alcohol. Este comportamiento de los alcoholes se debe a que el oxígeno del grupo hidroxilo dispone de dos pares de electrones libres y puede, por consiguiente, aceptar fácilmente un protón.

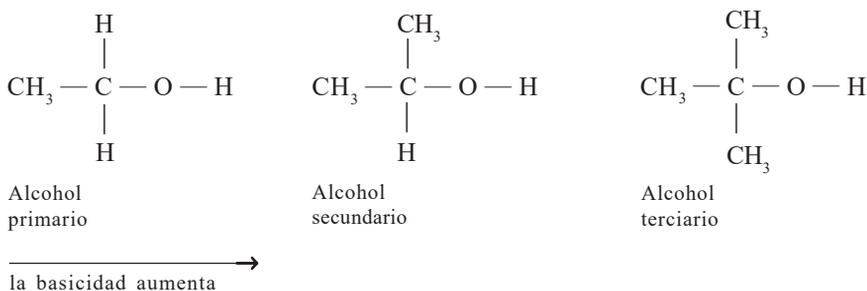
La reacción se efectúa burbujeando el haluro de hidrógeno gaseoso y seco en el alcohol o calentando el alcohol con ácido concentrado. Otras veces se genera el haluro de hidrógeno (*in situ*); por ejemplo, el etanol se hace reaccionar con el cloruro de hidrógeno obtenido mediante la reacción del ácido sulfúrico con el cloruro de sodio, según la ecuación:



A pesar de que las propias disoluciones acuosas de haluros de hidrógeno son ácidos fuertes, la presencia adicional del ácido sulfúrico acelera la formación de haluros de alquilo.

En esta reacción, donde los alcoholes se comportan como bases, la velocidad de reacción entre ellos y el halogenuro de hidrógeno aumenta de los alcoholes primarios a los terciarios. Por lo que aquí la reactividad de los alcoholes es contraria a su comportamiento como ácidos.

Así, al aumentar el número de grupos alquílicos unidos al átomo de carbono que está enlazado al grupo hidroxilo aumenta la basicidad del alcohol y se ve más favorecida la protonación del grupo hidroxilo:



¿A qué conclusiones se pueden llegar en relación con las propiedades ácido-base de los alcoholes?

Los alcoholes manifiestan propiedades ácidas (facilidad de salida del hidrógeno del grupo hidroxilo como H^+) al reaccionar con bases fuertes (como los metales alcalinos), comportándose su acidez de la manera siguiente:

Alcohol primario > Alcohol secundario > Alcohol terciario

También los alcoholes manifiestan propiedades básicas (facilidad de protonación por el oxígeno) al reaccionar con ácidos minerales fuertes, comportándose su basicidad de la forma siguiente:

Alcohol terciario > Alcohol secundario > Alcohol primario

???

3.18 Escriba las fórmulas de los alcoholes siguientes:

- a) Metil-2 propanol, b) 2-metil-3-hexanol,
c) 1-pentanol, d) 3-etil-4-metil-1-octanol.

3.19 Escriba la ecuación química que representa la deshidratación del metil-2-propanol, utilizando fórmulas desarrolladas.

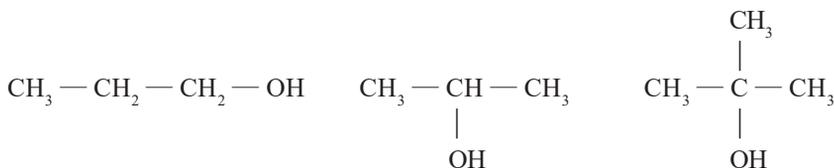
3.20 ¿A qué se debe la acidez de los alcoholes?

3.21 Escriba la ecuación de la reacción del metanol con el sodio.

3.22 ¿A qué se debe la basicidad de los alcoholes?

3.23 Represente la reacción del etanol con el bromuro de hidrógeno. Nombre el producto de la reacción.

3.24 Describa qué usted haría para diferenciar los alcoholes que se representan a continuación.



3.6 *Obtención de alcoholes monohidroxilados*

Hay dos vías principales para obtener alcoholes monohidroxilados, la hidratación de alquenos a partir del craqueo del petróleo y la fermentación de azúcares.

Hidratación de alquenos

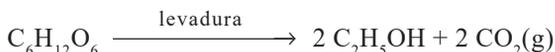
La mayor parte del etanol que se produce en el mundo se prepara mediante la reacción del eteno con agua, en presencia de un catalizador ácido a una temperatura de 300°C , aproximadamente, y bajo presión:



En este método se utiliza el eteno, hidrocarburo que se forma en grandes cantidades durante el proceso de craqueo del petróleo, además de que se producen rendimientos de alcohol superiores al 97 %.

Fermentación de los azúcares

La fermentación de los azúcares por la levadura produce etanol y dióxido de carbono.



Las levaduras son microorganismos que producen unas sustancias llamadas *enzimas*, las cuales actúan como catalizadores en este proceso de fermentación, promoviendo una larga serie de reacciones que, en último término convierten un azúcar simple como la glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), en las sustancias mencionadas.

Hay tres fuentes principales de materia prima para obtener etanol por fermentación:

- a) Las mieles finales de la industria azucarera.
- b) El almidón procedente de las papas o de los cereales.
- c) La celulosa de la madera.

Obtención industrial de etanol en Cuba. El etanol o alcohol etílico es el producto químico orgánico sintético más antiguo empleado por el hombre.

En Cuba todo el etanol que se produce se obtiene a partir de las mieles finales de la fabricación de azúcar.

El producto resultante de la fermentación se somete a un proceso de destilación y se obtiene el alcohol industrial, que es una mezcla de 95 % de alcohol y 5 % de agua. Esta mezcla se conoce como alcohol de 95 % y su temperatura de ebullición constante es de 78,3 °C.

Como productos secundarios de la fermentación se obtienen la glicerina y el llamado aceite de fusol. Este último es una mezcla de alcoholes con mayor número de átomos de carbono, entre ellos el propanol, el 2-butanol y el alcohol amílico.

El alcohol absoluto es etanol totalmente anhidro. Se obtiene tras sucesivas destilaciones, añadiendo otros compuestos líquidos que se mezclan con el agua y se eliminan también por destilación. Este proceso especial encarece el producto en el mercado.

Cuando el etanol se utiliza para propósitos científicos e industriales es necesario “desnaturalizarlo” o adulterarlo con la adición de otras sustancias tóxicas, con la finalidad de hacerlo inadecuado para beber. Se utiliza una gran variedad de desnaturalizantes que incluyen el metanol o alcohol metílico y algún hidrocarburo como el etilbenceno o tolueno.

???

3.25 Mencione los distintos métodos de obtención del etanol y escriba las ecuaciones de las reacciones correspondientes.

3.26 Describa la obtención industrial de etanol en Cuba.

3.27 Al realizar la hidratación de un alqueno de tres átomos de carbono se comprobó que se obtuvieron dos alcoholes:

- a) Escriba la ecuación de la reacción.
- b) Nombre las sustancias reaccionantes y los productos de esta reacción.

- c) ¿Qué tipo de isomería presentan los alcoholes obtenidos?
 d) ¿Qué alcohol se obtuvo en mayor proporción? Explique.

3.7 *Aplicaciones de los alcoholes*

Los alcoholes son compuestos muy importantes porque constituyen la materia prima en la preparación de una gran variedad de productos en la síntesis orgánica. Las aplicaciones y las propiedades químicas de los alcoholes están muy relacionadas.

En la tabla 3.3 se ofrecen algunos usos de los alcoholes.

Tabla 3.3

Algunas propiedades químicas de los alcoholes y sus aplicaciones

<i>Propiedad química</i>	<i>Aplicación</i>	<i>Ejemplo</i>
Reacción con los halogenuros de hidrógeno	Síntesis de halogenuros de alquilo	Obtención de cloroetano o cloruro de etilo a partir del etanol
Deshidratación (con ácido sulfúrico y calor)	Síntesis de alquenos	Obtención del 2-buteno a partir del 2-butanol
Reacción de combustión (gran desprendimiento de energía)	Combustible	Etanol (caliente y en atmósfera de dióxígeno)

Otras aplicaciones de los alcoholes están relacionadas con sus propiedades físicas. Por ejemplo, el etanol se emplea en la preparación de bebidas, licores, medicamentos (jarabes y analgésicos, entre otros), perfumes, etc., por ser un buen disolvente. El etilenglicol se usa como anticongelante, debido a su alta temperatura de ebullición, su baja temperatura de congelación y su gran solubilidad en agua.

En la medicina el etanol se clasifica como hipnótico (que produce sueño), pero es menos tóxico que los otros alcoholes.

La dosis letal de etanol es de 13,7 g por kilogramo de peso corporal. El metanol, conocido como “alcohol de madera” es bastante venenoso al tomarlo, respirarlo durante períodos prolongados, o dejarlo mucho tiempo en contacto con la piel. Todo esto puede conducir a la ceguera o la muerte.

???

3.28 Argumente la afirmación siguiente: Los alcoholes representan una clase importante de compuestos en la química orgánica.

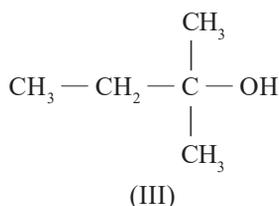
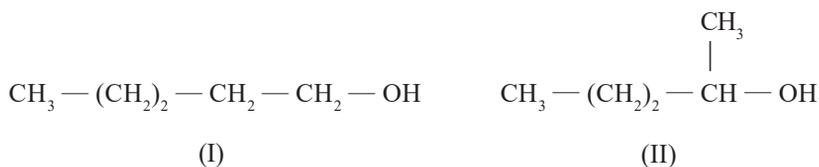
3.31 Ordene los compuestos siguientes: metil-2-propanol, butano y 1-butanol, según los criterios que se expresan a continuación:

- Orden decreciente de su temperatura de ebullición.
- Explique.

3.32 Argumente las afirmaciones siguientes:

- Los alcoholes de baja masa molar son líquidos a temperatura ambiente.
- Las temperaturas de ebullición de los alcoholes de un mismo número de átomos de carbono disminuye en la medida que la cadena es más ramificada.
- Los alcoholes monohidroxilados superiores son poco solubles en agua.
- La glicerina es más soluble en agua que el 1-propanol.

3.33 Nombre los alcoholes representados:



a) Clasifíquelos en alcoholes primarios, secundarios y terciarios.

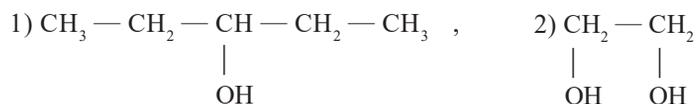
b) Diga cuál de los alcoholes representados:

- Posee mayor temperatura de ebullición.
- Produce en su deshidratación, en mayor proporción, el compuesto de fórmula $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$.
- Tiene propiedades básicas menos acentuadas.
- Posee propiedades ácidas menos acentuadas.

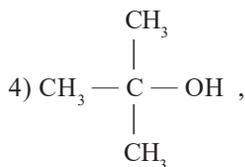
3.34 Compare los alcanos, los alquenos, los alquinos y los alcoholes en cuanto a:

- Composición cualitativa.
- Fórmula general.
- Solubilidad en disolventes polares.
- Tipos de isomería.
- tipos de reacciones químicas.

3.35 A partir de:



3) 1-pentanol ,



5) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$, 6) 7-etil-4-metil-5-decanol.

- Nombre o formule según corresponda.
- Clasifíquelos de acuerdo con el número de grupos hidroxilos.
- Clasifique los alcoholes monohidroxilados en primarios, secundarios y terciarios.
- Seleccione dos compuestos homólogos.
- Seleccione dos isómeros de posición.

3.36 Escriba las fórmulas y los nombres de:

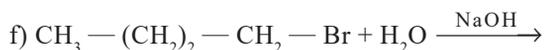
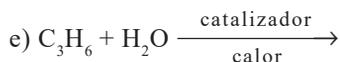
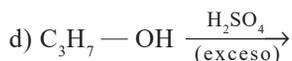
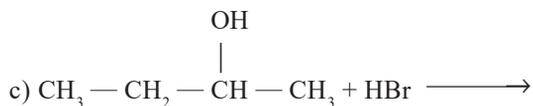
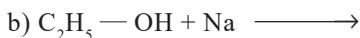
- Los isómeros de posición de un alcohol monohidroxilado de cadena lineal, que tiene seis átomos de carbono.
- Todos los isómeros del compuesto de fórmula global $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$.
- Un alcohol terciario de cinco átomos de carbono.
- Un alcohol secundario de cuatro átomos de carbono.

3.37 Tres compuestos, denominados *A*, *B*, *C*, son isómeros entre sí y su fórmula global es $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$.

Al someterlos a diferentes ensayos se observa que *A* y *C* reaccionan con sodio, desprendiendo dihidrógeno de forma apreciable, no ocurriendo así con *B*. Además, al añadirle 2 mL de mezcla crómica a las tres sustancias, se observa en el recipiente que contiene a *C* la rápida aparición de una coloración verde intensa.

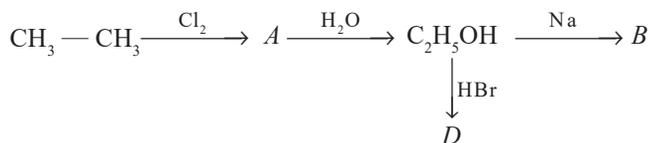
- Escriba la fórmula y los nombres de *A*, *B* y *C*.
- ¿Cuál de las tres sustancias reacciona más rápido con ácido clorhídrico? Explique.

3.38 Complete en su libreta las ecuaciones químicas siguientes:



¿Cuál de las reacciones representadas evidencia la propiedad que tienen los alcoholes de reaccionar como ácidos?

- 3.39 Proponga tres reacciones diferentes para obtener cloroetano (a partir de un alcano, de un alqueno y de un alcohol).
- 3.40 Escriba las ecuaciones de las reacciones que deben ocurrir para obtener 1-propanol, a partir del propano.
- 3.41 ¿Qué nueva propiedad de los alquenos estudió en este capítulo? Basándose en ella, qué otra aplicación no estudiada anteriormente tienen los alquenos.
- 3.42 Plantee las ecuaciones correspondientes a la obtención del 2,3 dimetil-2-buteno, por dos vías diferentes.
- 3.43 Escriba la fórmula estructural de los alquenos a partir de las cuales se pueden obtener los alcoholes siguientes:
- a) 2-butanol, b) 2-metil-2-butanol.
- 3.44 Dada la serie de transformaciones siguientes:



- a) Identifique las sustancias representadas por las letras *A*, *B* y *D*. Escriba sus fórmulas semidesarrolladas.
- b) Plantee las ecuaciones correspondientes a cada transformación.
- c) Clasifique cada una de las reacciones representadas como reacción de combustión, de adición, de sustitución o de eliminación.
- 3.45 Calcule la masa en gramos de etanol, que se necesita para la reacción completa con 75 g de sodio.
- 3.46 Elabore un cuadro resumen en el que relacione las propiedades de los alcoholes con las aplicaciones que estos tienen.
- 3.47 Investigue y elabore un resumen en el que se exprese cómo se obtiene en nuestro país el etanol, a partir de las mieles finales de la industria azucarera.

4 ALDEHÍDOS Y CETONAS

INTRODUCCIÓN

Los aldehídos y las cetonas, al igual que los alcoholes, son compuestos orgánicos oxigenados.

En la naturaleza se encuentran muchos aldehídos de masas molares altas, por ejemplo, el octanal ($C_8H_{16}O$); el nonanal ($C_9H_{18}O$) y el decanal ($C_{10}H_{20}O$) que se encuentran como componentes de algunos aceites esenciales contenidos en flores y plantas a las cuales proporcionan el olor característico.

¿Cuál es el grupo funcional de estas sustancias? ¿Qué influencia tiene este en las propiedades físicas y químicas de los aldehídos y las cetonas? ¿Qué tipo de isomería presentan?

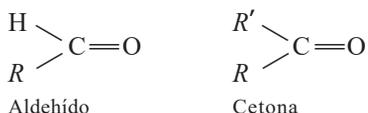
4.1 Serie homóloga de los aldehídos y las cetonas. Propiedades físicas.

Estructura

Los aldehídos y las cetonas son aquellos compuestos que poseen el grupo carbonilo >C=O , que es uno de los grupos más importantes en la química orgánica. Por tal razón, frecuentemente se les denomina compuestos carbonílicos.

Serie homóloga

Los aldehídos presentan el grupo carbonilo enlazado a un átomo de carbono y a otro de hidrógeno (menos en el caso del primer representante de la serie homóloga en el cual el grupo está asociado a dos átomos de hidrógeno). Las cetonas son compuestos en los que el grupo carbonilo está enlazado a dos átomos de carbono.



La fórmula general de los aldehídos es $RCHO$ y la de las cetonas es $RR'CO$.

El primer representante de la serie homóloga de los aldehídos es el metanal o formaldehído y el de las cetonas es la propanona.

En la tabla 4.1 se ofrecen algunos datos de los primeros miembros de las respectivas series homólogas.

Propiedades físicas

A temperatura y presión ambiente el aldehído de menor masa molar es gaseoso, mientras que el segundo representante de su serie es un líquido muy volátil. En estas condiciones los demás

aldehídos hasta doce átomos de carbono son líquidos y a partir de trece son sólidos. Las cetonas de hasta doce átomos de carbono son líquidas y el resto son sólidas en condiciones ambientales.

Tabla 4.1

Representación, nombre y varias propiedades físicas de algunos miembros de las series homólogas del metanal y de la propanona

<i>Fórmula semidesarrollada</i>	<i>Nombre del compuesto</i>	<i>Densidad (g/mL)</i>	<i>Temp. de ebullición (°C)</i>	<i>Temp. de fusión (°C)</i>
ALDEHÍDOS				
H—CHO	metanal	0,815	-21	-92
CH ₃ —CHO	etanal	0,781	21	-121
CH ₃ —CH ₂ —CHO	propanal	0,807	49	-81
CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —CHO	butanal	0,817	76	-99
CETONAS				
CH ₃ —CO—CH ₃	propanona	0,791	56	-94
CH ₃ —CO—CH ₂ —CH ₃	butanona	0,805	80	-86
CH ₃ —CO—(CH ₂) ₂ —CH ₃	2-pentanona	0,812	102	-78
CH ₃ —CO—(CH ₂) ₃ —CH ₃	2-hexanona	0,830	150	-35

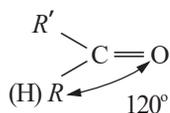
De manera análoga a lo que ocurre en las series homólogas anteriormente estudiadas, las propiedades físicas de los aldehídos y de las cetonas varían con el aumento de la masa molar.

Las temperaturas de ebullición aumentan con el incremento de grupos metileno.

Los aldehídos y las cetonas de baja masa molar son apreciablemente solubles en agua, pero a medida que aumenta la cadena carbonada la solubilidad disminuye. Los aldehídos y las cetonas poseen olores muy intensos.

Estructura

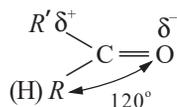
Al examinar la estructura del grupo carbonilo en la representación siguiente se observa que el átomo de carbono está unido a dos átomos mediante dos enlaces simples (σ) y al átomo de oxígeno por medio de un enlace doble (formado por uno σ y uno π) similar al de los alquenos.



El átomo de carbono posee una hibridación sp_2 y, por tanto, los tres enlaces σ emplean orbitales sp_2 y se hallan en un mismo plano, separados entre sí mediante un ángulo de 120° . El orbital p restante del átomo de carbono forma un enlace π con un orbital p del oxígeno, dando lugar a un doble enlace entre los átomos de carbono y oxígeno.

Los electrones del doble enlace carbonílico mantienen unidos a dos átomos de electronegatividad muy diferente, por lo que no son compartidos por estos de igual manera. La nube π de este enlace es muy móvil y es atraída fuertemente por el átomo más electronegativo, el

de oxígeno. Por tanto el grupo carbonilo se halla muy polarizado, lo cual se representa por una fracción δ^+ sobre el átomo de carbono y una fracción δ^- sobre el átomo de oxígeno.



El grupo carbonilo es un grupo polar. Por esta razón, los aldehídos y las cetonas son sustancias polares y presentan temperaturas de ebullición más elevadas que los compuestos no polares de masa molar semejante. Los aldehídos y las cetonas no pueden formar “enlaces por puente de hidrógeno” intermoleculares, pues no tienen un átomo de hidrógeno unido a un átomo muy electronegativo como el oxígeno en los alcoholes.

Las temperaturas de ebullición de estos compuestos son superiores a las de los tres hidrocarburos de masa molar semejante pero inferiores a las de los alcoholes correspondientes (tabla 4.2).

Tabla 4.2

Temperaturas de ebullición de un alcano, un alcohol, un aldehído y una cetona de masas molares semejantes

<i>Formula semidesarrollada</i>	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH}_3$	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \text{OH}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} - \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \end{array}$
Nombre	Butano	Propanol	Propanal	Propanona
Temperatura de ebullición (°C)	0	97,1	49	56,2
Masa molar	56	60	58	58

En la tabla 4.2 se observa que la temperatura de ebullición más elevada corresponde al propanol, que es un líquido asociado, porque sus moléculas forman “enlaces por puente de hidrógeno”. Además, el propanal y la propanona tienen temperaturas de ebullición superiores al butano, como consecuencia de la polaridad que le confiere la presencia del grupo carbonilo a estos compuestos.

Los aldehídos y las cetonas de bajas masas molares son apreciablemente solubles en agua, debido a los enlaces por puente de hidrógeno que sus moléculas pueden formar con las de este disolvente:



Sin embargo, a medida que aumenta la cadena carbonada unida al grupo carbonilo, disminuye la solubilidad en agua, porque esta cadena predomina con respecto a la parte polar de la molécula.

???

4.1 Escriba la fórmula semidesarrollada de los compuestos que se nombran a continuación, y diga cuál de cada uno de los pares dados tiene mayor temperatura de ebullición:

- a) Butanal y 1-butanol, b) Pentano y pentanal,
c) 2-pentanona y pentanol, d) Propano y propanona.

4.2 Represente la estructura electrónica del grupo carbonilo y diga por qué tiene características polares.

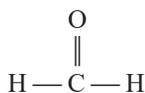
4.3 ¿Por qué los aldehídos y las cetonas tienen temperaturas de ebullición superiores a las de los correspondientes hidrocarburos?

4.2 Nomenclatura y notación química de los aldehídos y las cetonas

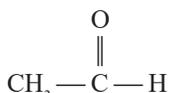
En el sistema de la UIQPA (en inglés IUPAC) los nombres de los aldehídos alifáticos se forman sustituyendo la *o* final del nombre del alcano correspondiente por la terminación *al*.

Como el grupo carbonilo está en uno de los extremos de la cadena de átomos de carbono, no es necesario indicar su posición, ya que es propia de un carbono primario al que se le asigna el número 1. Cuando se encuentran presentes otros sustituyentes es necesario señalar la posición que estos ocupan.

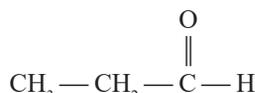
Muchos aldehídos también reciben nombres comunes. En los ejemplos siguientes estos se representan entre paréntesis:



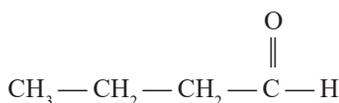
Metanal
(formaldehído)



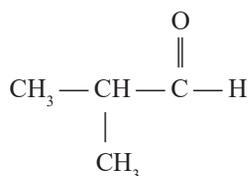
Etanal
(acetaldehído)



Propanal
(propionaldehído)

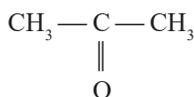


Butanal
(butiraldehído)

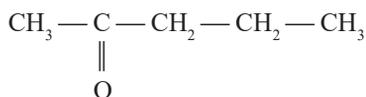


Metilpropanal
(isobutiraldehído)

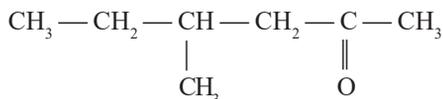
Los nombres de las cetonas alifáticas se forman sustituyendo la *o* del nombre del alcano correspondiente con la terminación *ona*. Entonces se numera la cadena de forma tal, que el grupo carbonilo tenga el menor número posible y se utiliza este número para indicar su posición.



Propanona
(acetona)



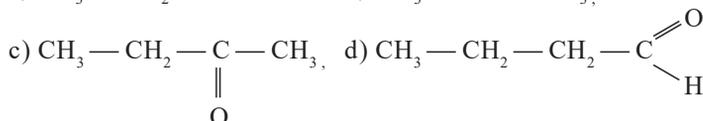
2-pentanona



4-metil-2-hexanona

???

4.4 Dadas las fórmulas químicas siguientes:



- 1) ¿A qué función química pertenecen cada uno de los compuestos representados?
- 2) Formule un homólogo del compuesto representado en d).
- 3) Nombre cada uno de ellos.

4.5 Escriba las fórmulas químicas que representan las sustancias siguientes:

- a) Pentanal, b) 2-hexanona, c) 3-metil-2-pentanona, d) 2-metilhexanal.

4.3 Isomería de los aldehídos y las cetonas

Los aldehídos y las cetonas del mismo número de átomos de carbono al igual que los compuestos estudiados en los anteriores capítulos, presentan isomería de cadena. Además, en las cetonas hay isomería de posición y entre los aldehídos y las cetonas existe otro tipo de isomería: la isomería de función.

Isomería de cadena

La isomería de cadena en ambos compuestos se manifiesta entre sustancias de igual composición cualitativa y cuantitativa, en las que el grupo carbonilo se mantiene en la misma posición, pero sus cadenas se diferencian en el orden de unión de los átomos de carbono.

Este tipo de isomería existe entre los aldehídos de más de tres átomos de carbono y entre las cetonas de más de cuatro átomos de carbono (tabla 4.3).

Tabla 4.3

Isomería de cadena en los aldehídos y en las cetonas

Fórmula global	Fórmula semidesarrollada	Nombre
ALDEHÍDOS		
$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \underset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}} = \text{O}$	pentanal
	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{CH}}} - \underset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}} = \text{O}$	2-metilbutanal

Tabla 4.5

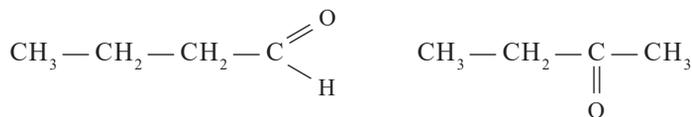
Isomería de función entre aldehídos y cetonas

<i>Fórmula global</i>	<i>Fórmula semidesarrollada</i>	<i>Nombre</i>
C ₃ H ₆ O	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} \begin{array}{l} \text{// O} \\ \backslash \text{H} \end{array}$	propanal (aldehído)
	$\text{CH}_3 - \text{C} \begin{array}{c} \text{//} \\ \text{O} \end{array} - \text{CH}_3$	propanona (cetona)

???

4.6 ¿En qué consiste la isomería de función entre los aldehídos y las cetonas?

4.7 Teniendo en cuenta las fórmulas siguientes:



- a) ¿Qué tipo de isomería presentan los compuestos representados? Explique.
b) Nómbralos.

4.8 Escriba las fórmulas semidesarrolladas y los nombres de:

- a) Dos isómeros de cadena de fórmula C₄H₈O.
b) Dos isómeros de posición de fórmula C₆H₁₂O.
c) Dos isómeros de función de fórmula global C₅H₁₀O.

4.9 Escriba la fórmula semidesarrollada y el nombre de todos los isómeros de función del hexanal.

¿Qué tipo de isomería presentan entre sí las cetonas representadas?

4.4 *Propiedades químicas de los aldehídos y las cetonas*

El grupo carbonilo >C=O polarizado es el que determina las propiedades químicas de los aldehídos y las cetonas.

Estos compuestos son muy semejantes entre sí en la mayoría de sus propiedades. Sin embargo, los aldehídos son más reactivos que las cetonas, ya que en ellos el grupo carbonilo está unido a un átomo de hidrógeno, mientras que en las cetonas se encuentra enlazado a dos grupos orgánicos o cadenas carbonadas.

Las reacciones de los aldehídos y las cetonas son numerosas, y por eso solo serán estudiadas algunas de ellas.

Oxidación de los aldehídos

Los aldehídos se oxidan con facilidad frente a oxidantes débiles, tales como una disolución amoniacal de iones plata (reactivo de Tollens), y la disolución alcalina de iones cobre(II), reactivo de Fehling.

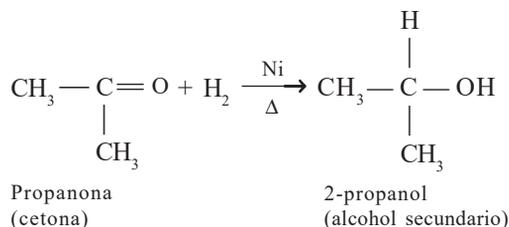
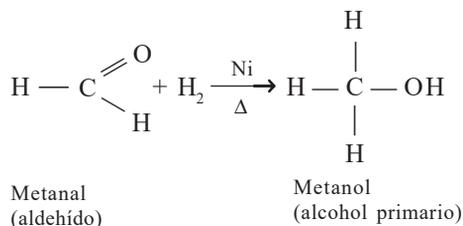
Al hacer reaccionar el reactivo de Tollens con unos mililitros de un aldehído calentando suavemente, se observa la aparición de una capa de plata metálica que se deposita en las paredes del recipiente y que se conoce como “espejo de plata”. En esta reacción el aldehído se oxida a ácido* y el ion Ag^+ se reduce a plata metálica.

Los aldehídos tienen una acción reductiva similar frente al reactivo de Fehling. Si la reacción se produce calentando a ebullición se observa la formación de un precipitado rojizo de cobre(I).

Las cetonas no reaccionan con el reactivo de Tollens ni con el reactivo de Fehling, ya que no se oxidan con facilidad. Por ello, estas reacciones son útiles para identificar aldehídos y, en particular, para diferenciarlos de las cetonas.

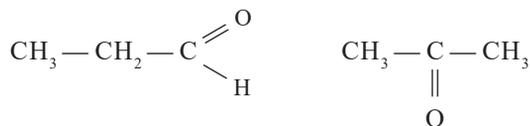
Reducción de los aldehídos y las cetonas

También los aldehídos y las cetonas se reducen por la adición de dihidrógeno, formando alcoholes. Las reducciones catalíticas se realizan con dihidrógeno gaseoso y catalizador de níquel, platino o paladio, así; por ejemplo:



???

4.10 ¿Cómo usted podría diferenciar experimentalmente los compuestos representados? Explique:



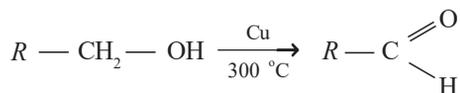
4.11 ¿Qué tipo de compuesto produce la reacción de reducción del etanal? Escriba la ecuación correspondiente.

* Estos ácidos son sustancias orgánicas oxigenadas que serán objeto de estudio en el capítulo siguiente.

4.5 Obtención de los aldehídos y las cetonas

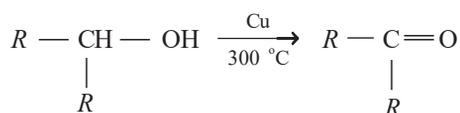
La obtención industrial de los aldehídos y las cetonas se realiza a partir de reactivos baratos. Los alcoholes son oxidados catalíticamente con aire y el producto de la reacción de oxidación puede ser un aldehído o una cetona, en dependencia de la naturaleza del alcohol que intervenga en la reacción.

La reacción se efectúa haciendo pasar vapores de alcohol sobre cobre metálico calentado a 300 °C:



Alcohol primario

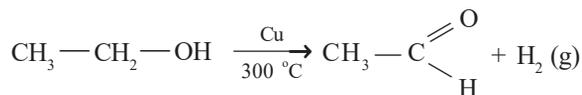
Aldehído



Alcohol secundario

Cetona

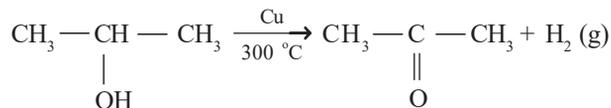
Ejemplo 1



Etanol

Etanal

Ejemplo 2

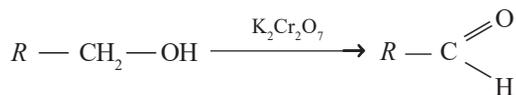


2-propanol

Propanona

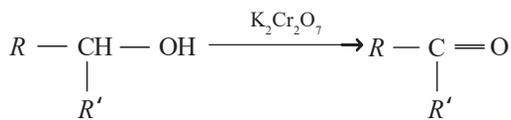
En el laboratorio se emplean diferentes agentes oxidantes para la obtención de los aldehídos y las cetonas. Uno de ellos es el dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) en medio ácido, el cual se hace reaccionar con un alcohol primario o un alcohol secundario.

En la reacción de obtención de aldehídos es necesario ir eliminando el aldehído de la mezcla de reacción con la misma rapidez con la que se forma, para evitar que pueda oxidarse y convertirse en otra sustancia.



Alcohol
primario

Aldehído



Alcohol
secundario

Cetona

En la reacción de oxidación antes mencionada ocurre la deshidrogenación del alcohol. Por el contrario la reacción de reducción de un aldehído o una cetona es una hidrogenación.

???

4.12 Escriba la reacción de oxidación de:

- El 1-propanol.
- El 2-propanol.
- Nombre el producto final obtenido en cada reacción.

4.13 Describa el método que se utiliza en la industria para la obtención de los aldehídos y las cetonas.

4.6 Aplicaciones de los aldehídos y las cetonas

Entre los aldehídos y las cetonas de mayor importancia, por sus múltiples usos, se pueden citar el metanal, el etanal y la propanona.

La aplicación más importante del metanal es en la fabricación de polímeros llamados bakelitas. Estos polímeros son materiales plásticos duros y resistentes, los cuales tienen diversos usos, entre los que se encuentran la fabricación de distintos objetos, tales como peines, botones, aparatos de teléfono, etc., y la preparación de barnices.

Una disolución al 37 % de metanal se conoce con el nombre de formol o formalina, la cual es un producto desinfectante y antiséptico. Se emplea en medicina para conservar piezas anatómicas, así como para la conservación de animales antes de su disección. Este uso se basa en la propiedad del metanal para formar productos duros y resistentes con las proteínas, debido a lo cual se evita la putrefacción.

El etanal es un líquido incoloro, de olor picante y temperatura de ebullición de 21 °C, miscible en agua en todas las proporciones. Se utiliza en la preparación de etanol, ácido acético, medicamentos, plásticos y otros.

La acetona es un líquido incoloro, de olor agradable, temperatura de ebullición de 56 °C y miscible en el agua. Se emplea como disolvente de pinturas y uno de los usos más difundidos es como quitaesmalte para las uñas. A partir de la acetona es posible obtener numerosos compuestos, también empleados como disolventes de lacas y barnices.

???

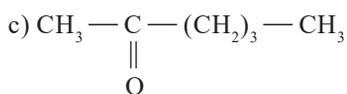
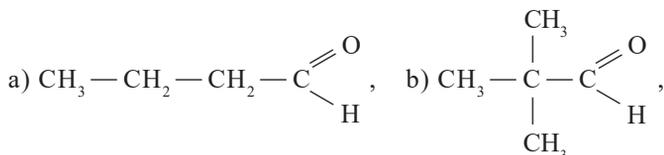
4.14 ¿Cómo se obtiene industrialmente el metanol? Formule la ecuación correspondiente.

4.15 ¿Qué utilidad tiene la obtención de diversos aldehídos y cetonas? Explique poniendo ejemplos.

Resumen de ejercicios

4.16 Ordene los compuestos siguientes: etanal, propano y etanol, según los criterios que se expresan a continuación:

- a) Orden creciente de su temperatura de ebullición.
 b) Orden decreciente de su solubilidad.
 c) Justifique el ordenamiento dado, en cada caso.
- 4.17 ¿Podrá ser recolectado el metanal en el laboratorio mediante desplazamiento de agua? Justifique su respuesta.
- 4.18 Elabore un cuadro comparativo entre los aldehídos y las cetonas en cuanto a:
- Composición cualitativa.
 - Fórmula general.
 - Grupo funcional.
 - Solubilidad en disolventes polares.
 - Propiedades químicas.
 - Métodos de obtención.
- 4.19 Critique el planteamiento siguiente:
- “Las moléculas de los aldehídos pueden formar enlaces por puente de hidrógeno con las moléculas de agua, por eso los aldehídos se consideran líquidos asociados.”
- 4.20 Explique por qué el propanal es soluble en agua y el butano poco soluble en este disolvente, si la masa molar de ambos es 58.
- 4.21 El butanal y el 1-butanol son líquidos a temperatura ambiente. ¿Cuál cree usted que tenga mayor temperatura de ebullición? Explique su respuesta.
- 4.22 Escriba la fórmula y el nombre de:
- Un aldehído de cuatro átomos de carbono.
 - Una cetona de cinco átomos de carbono.
 - El compuesto que se obtiene a partir de la oxidación del 2-metil-1-butanol.
 - El compuesto que se obtiene a partir de la hidrogenación de la metilbutanona.
 - Un homólogo de cada uno de los compuestos representados en los incisos a) y b).
- 4.23 Escriba las ecuaciones correspondientes a las reacciones indicadas en los incisos c) y d) de la pregunta anterior.
- 4.24 Escriba la fórmula y el nombre de todos los compuestos que respondan a las fórmulas globales siguientes:
- C_4H_8O , b) $C_5H_{10}O$.
- 4.25 Dadas las fórmulas siguientes:



- Escriba la fórmula de los alcoholes que deben ser oxidados para obtenerlos.
- Escriba las ecuaciones químicas de las reacciones de oxidación de los alcoholes por usted representados.

3) Nombre las sustancias reaccionantes y los productos de cada reacción.

4.26 En el laboratorio se tienen cuatro tubos de ensayos que contienen etanol, propano, butanona y etanal. Describa cómo usted procedería para identificar en qué tubo se encuentra cada sustancia.

4.27 Se dispone de las materias primas siguientes: aire, agua, limaduras de hierro, metanol, etino, butanol y 2-propanol. Utilizando algunas de estas materias primas, escriba las ecuaciones de obtención de:

a) metanal, b) etanal, c) propanona.

4.28 Escriba la ecuación química que representa la reacción entre la 2-pentanona y el dihidrógeno.

4.29 Escriba las ecuaciones de las reacciones indicadas en las transformaciones siguientes:

a) Metano \longrightarrow clorometano \longrightarrow metanol \longrightarrow metanal.

b) Etanal \longrightarrow etanol \longrightarrow eteno \longrightarrow cloroetano.

c) 1-buteno \longrightarrow 2-clorobutano \longrightarrow 2-butanol \longrightarrow butanona.

5 ÁCIDOS MONOCARBOXÍLICOS

INTRODUCCIÓN

Los ácidos monocarboxílicos son sustancias orgánicas de gran importancia. En la antigüedad, el hombre utilizó el ácido acético en forma de vinagre. Otros ácidos conocidos son el tartárico, que se encuentra en el zumo de las uvas, y el cítrico, que está contenido en el jugo de limón.

Los ácidos orgánicos pueden servir como condimento alimentario, reactivo de laboratorio, para producir tejidos, etcétera.

En este capítulo se estudiarán las estructuras de los ácidos monocarboxílicos, las que explicarán las propiedades que tienen estos compuestos.

Al terminar el estudio de este capítulo se conocerá, cómo se pueden obtener algunos ácidos de uso industrial, qué sustancias químicas constituyen a algunos plásticos y cómo se pueden obtener estos productos.

Se podrá responder a preguntas como las siguientes: ¿Por qué los ácidos orgánicos se emplean en la fabricación de jabones? ¿Qué relación existe entre los ácidos, los hidrocarburos y los alcoholes?

5.1 Ácidos monocarboxílicos. Serie homóloga. Propiedades físicas. Estructura

Los ácidos orgánicos monocarboxílicos son compuestos que poseen, en la cadena, al menos, un grupo carboxilo ($\text{—C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{—OH} \end{array}$), se representan por la fórmula $R\text{—C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{—OH} \end{array}$, donde R representa a un grupo alquilo. Si el grupo fuese aromático se escribiría Ar . La cadena puede ser lineal, ramificada o cíclica.

Los ácidos alifáticos con un grupo carboxilo, reciben el nombre de *ácidos grasos*, pues muchos se pueden obtener por la hidrólisis de las grasas (las grasas son sustancias que forman el tejido adiposo de los animales, también se encuentran en los vegetales, en las semillas y en algunos frutos).

Serie homóloga

En la tabla 5.1 se presentan los cinco primeros ácidos de cadena lineal, donde se observa la diferencia de un grupo metileno (CH_2), entre miembros vecinos.

Tabla 5.1

Representación, nombres y varias propiedades físicas de ácidos monocarboxílicos de la serie homóloga del ácido metanoico

<i>Fórmula semidesarrollada</i>	<i>Nombre</i>	<i>Temp. de ebullición (°C)</i>	<i>Densidad (g/mL)</i>
$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{H} - \text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	ácido metanoico	101	1,227
$\text{H} - \text{CH}_2 - \begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	ácido etanoico	118	1,049
$\text{H} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	ácido propanoico	141	0,999
$\text{H} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	ácido butanoico	163	0,959
$\text{H} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	ácido pentanoico	186	0,942

Propiedades físicas

Los ácidos alifáticos saturados que tienen hasta 10 átomos de carbono son líquidos, en tanto los homólogos superiores son sólidos a temperatura ambiente.

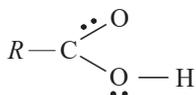
Las temperaturas de ebullición aumentan con el incremento de los grupos CH_2 , si se comparan estas con las de los alcoholes de igual número de átomos de carbono se observa que la de los ácidos son mayores.

Las temperaturas de fusión varían de forma irregular, como se muestra en el gráfico de la figura 5.1.

En la serie de los ácidos alifáticos, la densidad disminuye con el alargamiento de la cadena lineal, pues influye más el volumen de la molécula que la masa representada por el incremento de un grupo metileno (CH_2).

Estructura

La fórmula electrónica de un ácido monocarboxílico se representa de la forma siguiente:



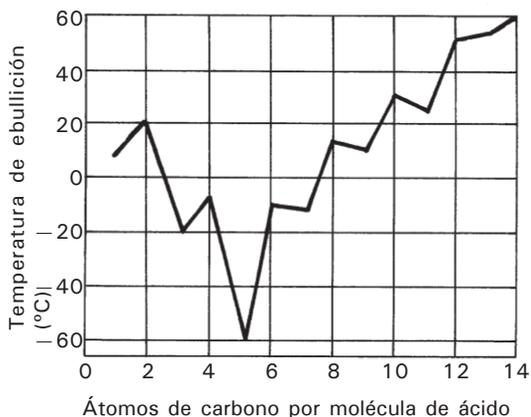
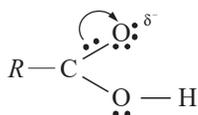


Fig. 5.1 Temperaturas de fusión de los ácidos monocarboxílicos con respecto al número de átomos de carbono en la molécula

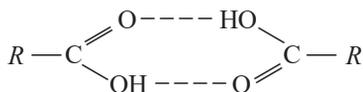
La densidad electrónica del enlace $\text{C}=\text{O}$, está desplazada hacia el átomo de oxígeno, más electronegativo, adquiriendo este átomo carga parcial negativa. A la vez en el enlace oxígeno-hidrógeno hay un desplazamiento electrónico hacia el átomo de oxígeno, lo que permite la salida del hidrógeno como protón:



Cuando se ioniza un ácido monocarboxílico, el anión carboxilato que se produce tiene una carga negativa deslocalizada y compartida entre los dos átomos de oxígeno.

Los ácidos carboxílicos en general tienen K_a de 10^{-5} a 10^{-3} , y son más ácidos que los alcoholes y el agua (K_a del orden 10^{-18} y 10^{-14} , respectivamente.)

El grupo hidroxilo permite la formación de asociaciones moleculares por puente de hidrógeno, que se pueden representar de la forma siguiente:



La asociación de dos moléculas (dímero) mediante un puente de hidrógeno hace que la temperatura de ebullición sea mayor que la de otros compuestos con igual número de átomos de carbono.

La presencia en estos compuestos del grupo funcional carboxilo, así como la característica de la cadena carbonada, son factores determinantes de las propiedades físicas.

La irregularidad en las temperaturas de fusión, presentada en la tabla 5.1 está relacionada con el modo en que se disponen las moléculas cuando el compuesto adquiere el estado sólido. En las moléculas con número par de átomos de carbono, los grupos carboxilo y metilo terminales, están situados en lados opuestos de la cadena carbonada dispuesta en zigzag, lo que permite, que las moléculas se dispongan más juntas en el retículo, razón por la cual aumentan las fuerzas de atracción intermoleculares y la temperatura de fusión.

Los ácidos que tienen hasta cuatro átomos de carbono son solubles en agua, esta propiedad disminuye con el aumento de la cadena y, por tanto, la masa molar, ya que predomina en la molécula la porción de hidrocarburo con respecto al grupo carboxilo. Por ello, el ácido de cinco átomos de carbono ya es poco soluble en agua, y los demás son prácticamente insolubles en ella.

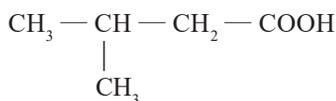
Conteste:

- ¿A qué atribuye usted la diferencia entre las masas molares del propano y el ácido propanoico?
- ¿Por qué es menor la temperatura de ebullición del propanal, que la del 1-propanol?
- ¿Por qué tiene mayor temperatura de ebullición el ácido propanoico que el 1-propanol?
- Se conoce que el propano y el propeno no son solubles en agua y sí lo es el ácido propanoico. ¿Por qué ocurre esto?

5.2 Nomenclatura y notación química de los ácidos monocarboxílicos

Según la IUPAC, para nombrar a un ácido orgánico de cadena lineal, se antepone la palabra *ácido*, al nombre del hidrocarburo y se sustituye la *o* final de este por la terminación *oico*.

El grupo carboxilo define la cadena más larga y a su carbono le corresponde el número 1, la posición de los grupos sustituyentes se indica por un número; por ejemplo:

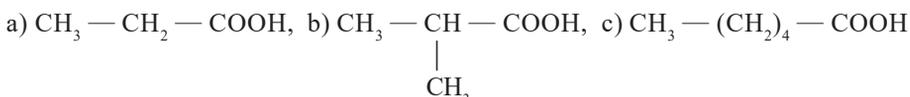


Ácido 3-metilbutanoico

Muchos ácidos poseen nombres triviales, que relacionan sus nombres con su procedencia y, por ello, son muy utilizados en la práctica; por ejemplo, el ácido metanoico se conoce por ácido fórmico, del latín *fórmica* que significa hormiga. Se obtuvo por vez primera destilando hormigas. El ácido etanoico se conoce por ácido acético, el ácido butanoico, recibe el nombre de ácido butírico, del latín *butyrum* que quiere decir mantequilla.

???

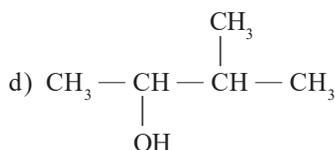
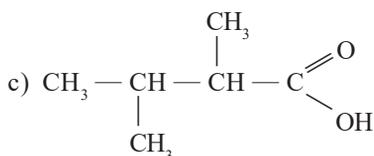
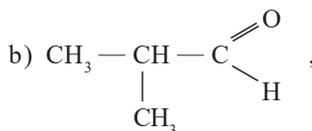
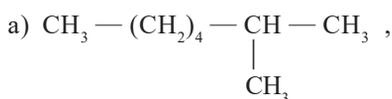
5.8 Escriba los nombres de los ácidos representados:



5.9 Escriba las fórmulas semidesarrolladas de cada uno de los compuestos siguientes:

- Ácido metanoico (ácido fórmico).
- Ácido butanoico (ácido butírico).
- Ácido decanoico.
- Ácido octadecanoico (ácido esteárico).
- Ácido 3,3-dietilhexanoico.

5.10 Dadas las representaciones:



- 1) Nombre el compuesto representado en c).
- 2) Nombre un isómero del compuesto representado en d).

5.3 Propiedades químicas de los ácidos monocarboxílicos. Ésteres

Las reacciones químicas de los ácidos monocarboxílicos están muy relacionadas con su grupo funcional.

Las reacciones más importantes de los ácidos están relacionadas con sus propiedades ácidas, en las que se produce la ruptura del enlace oxígeno-hidrógeno (O — H), y las reacciones en las que se rompe el enlace C — O, sustituyéndose el grupo hidroxilo.

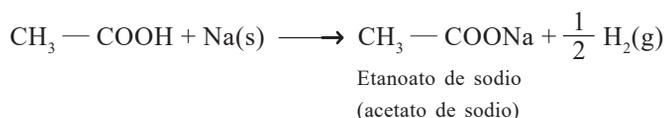
Reacciones que ocurren con la ruptura del enlace O — H

Los ácidos orgánicos son en general ácidos débiles, lo que se evidencia cuando reaccionan con metales, hidróxidos y carbonatos.

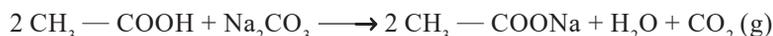
En todas estas reacciones se originan sales, lo que demuestra el comportamiento ácido de los mencionados compuestos.

Ejemplo de estas reacciones se representan a continuación:

a) Reacción con metales activos:

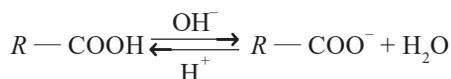


b) Reacción de ácidos monocarboxílicos con carbonatos:



Las sales de ácidos orgánicos son sólidos iónicos, cristalinos, de alta temperatura de fusión, solubles en agua.

Cuando se añade un ácido mineral a una disolución de la sal orgánica, se regenera el ácido orgánico que posteriormente se puede aislar y purificar:

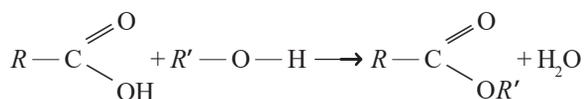


(poco soluble en
agua si R tiene más
de tres átomos de carbono)

(soluble en agua)

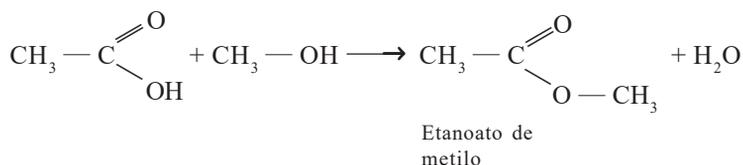
Reacciones que ocurren con la ruptura del enlace C — OH

Los ácidos orgánicos reaccionan con los alcoholes, en presencia de ácidos fuertes como catalizadores, formando compuestos llamados ésteres.

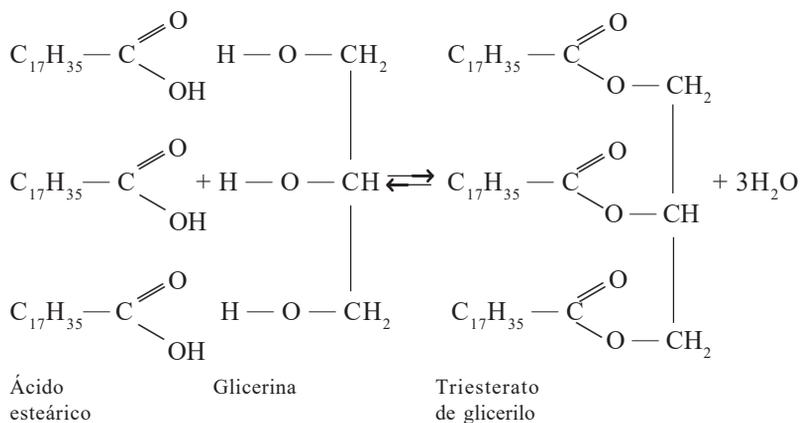


En esta reacción el agua se forma a partir del hidroxilo del ácido y el hidrógeno del alcohol. La reacción se conoce como *esterificación*.

Los ésteres se nombran como si fueran sales de alquilo. La reacción entre el ácido etanoico y el metanol produce etanoato de metilo:



Cuando se calienta glicerina con un ácido orgánico superior (el que tiene más de 12 átomos de carbono en la cadena lineal) se obtiene un éster, que recibe el nombre de glicérido o grasa. La reacción entre el ácido esteárico y la glicerina forma el éster (grasa) triestearato de glicerilo:



Al hervir un glicérido con una disolución de un hidróxido alcalino, se obtiene una sal (constituyente principal del jabón) y glicerina. La reacción se conoce como *saponificación*.

Aplicaciones. Los ésteres se usan ampliamente como disolventes de lacas y barnices, por ser compuestos apolares, se emplean en la industria farmacéutica y en la alimentaria, debido a sus sabores y olores agradables. El metanoato de etilo y el de metilo se utilizan como fumigantes y larvicidas. Muchos polímeros son ésteres, tales como el acetato de polivinilo y el dacrón (fibra utilizada en la fabricación de textiles). Las grasas constituyen sustancias de reserva energética en el hombre y los animales, por lo cual se almacenan en el organismo para ser utilizadas cuando se afronten deficiencias alimentarias.

???

5.11 Represente mediante ecuaciones las reacciones siguientes:

- a) Ácido propanoico con polvo de aluminio.
- b) Neutralización del ácido butanoico con hidróxido de sodio.

5.12 Represente mediante una ecuación la reacción entre al ácido acético (etanoico) y el 1-propanol.

5.13 El olor a rosas lo confiere, entre otros ésteres el butirato de etilo. Si usted dispone de alcohol etílico, butanol, ácido butírico y reactivo de Tollens (catión plata en disolución amoniacal). ¿Qué reacciones habrían de efectuarse para obtener la fragancia de rosas?

Ácido metanoico (fórmico), es el más fuerte de los ácidos alifáticos, y a diferencia de ellos se oxida fácilmente a dióxido de carbono.

Por las propiedades anteriores se utiliza en el acabado de artículos en la industria textil, además, se usa como materia prima en la obtención de otros productos.

Ácido etanoico (acético), se emplea como disolvente, como materia prima es la base para fabricar ésteres, medicamentos, colorantes, plásticos, seda artificial, etc. Diluido al 5 % forma el vinagre. Se combina con el acetileno para formar el acetato de vinilo, con el que se obtiene un polímero de gran aplicación, el acetato de polivinilo.

Los ácidos grasos superiores se obtienen mediante la hidrólisis de las grasas; a partir de ellos se obtienen los jabones, que tienen un amplio poder limpiante, pues al disolverse en agua disminuyen la tensión superficial, facilitan la formación de espuma, hacen que el agua penetre al tejido y arrastre las partículas de grasas o suciedad, como se ilustra en la figura 5.2.

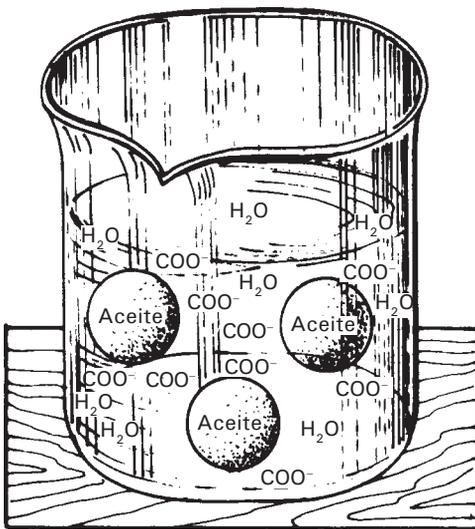


Fig. 5.2 Esquema de la acción del jabón sobre las partículas de suciedad. (Las moléculas de jabón se colocan en la interfase del agua y el aceite; la parte polar hacia el agua y la cadena hacia el aceite)

???

5.21 Relacione en su libreta los enunciados de ambas columnas:

Columna A

- a) Ácido etanoico
- b) Ácido metanoico
- c) Metanoato de etilo
- d) Acetato de polivinilo

Columna B

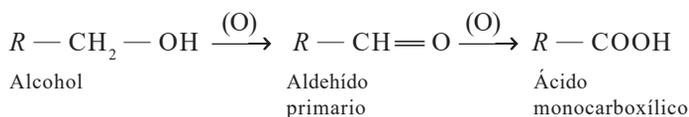
- () Polímero que se utiliza en la fabricación de juguetes.
- () Se emplea en el acabado de artículos en la industria textil.
- () Sustancia empleada para matar insectos.
- () Su disolución constituye el vinagre.
- () Tiene amplio uso como combustible.

- 5.22 Si usted necesita un ácido orgánico para aliñar una ensalada. ¿Cuál escogería? ¿En qué propiedad de esta sustancia se basó para escogerla?
- 5.23 Para encurtir cuero se utilizan sustancias, que proporcionen un medio ácido y a la vez reductor. ¿Qué compuesto orgánico, ácido, alcohol, o alcano usted escogería? ¿Por qué?
- 5.24 ¿En qué propiedad de los ácidos monocarboxílicos hay que basarse para fabricar un jabón?
- 5.25 Si se sabe que los jabones tienen propiedades limpiantes. Explique brevemente la acción limpiadora de un jabón.

5.5 Relación de transformación entre los hidrocarburos, los derivados halogenados, los alcoholes, los aldehídos, las cetonas, los ácidos y los ésteres

Los hidrocarburos al reaccionar con los halógenos, producen el correspondiente derivado. Al sustituir el halógeno en la cadena se obtiene un alcohol.

A partir de los alcoholes primarios se pueden obtener aldehídos y de ellos por oxidación se producen ácidos monocarboxílicos:



La reacción de los ácidos con los alcoholes produce los ésteres. Si los ácidos se someten a una oxidación energética se convierten en dióxido de carbono y agua.

Entre todos los compuestos mencionados existe una estrecha relación de transformación. En la figura 5.3 se ofrece un esquema de la relación de transformación entre los compuestos orgánicos mencionados.

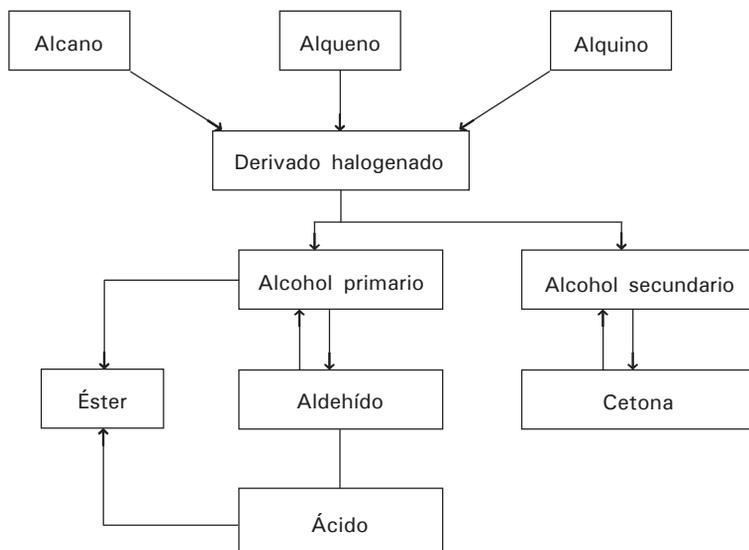
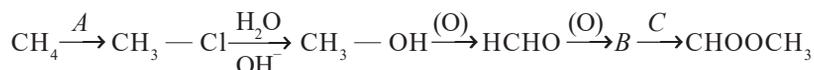


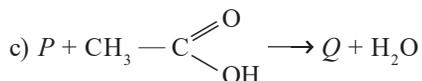
Fig. 5.3 Relación de transformación entre los hidrocarburos, los derivados halogenados, los aldehídos, las cetonas, los ácidos y los ésteres

???

5.26 Escriba las fórmulas de las sustancias representadas por *A*, *B* y *C* y las ecuaciones químicas correspondientes a la relación de transformación siguiente:



5.27 Dadas las representaciones siguientes: Escriba las ecuaciones químicas teniendo en cuenta el compuesto al que corresponde la letra. Nombre todos los compuestos orgánicos.



5.28 Escriba las ecuaciones químicas que se corresponden con las descripciones siguientes:

a) Obtención de cloroetano, por reacción del dicloro gaseoso con etano.

b) Obtención de etanoato de sodio por reacción de ácido etanoico con hidróxido de sodio.

c) Obtención de acetato de sodio a partir de etano como sustancia orgánica.

Resumen de ejercicios

5.29 Escriba las fórmulas de un alcano, un alcohol secundario, un aldehído y un ácido monocarboxílico de cuatro átomos de carbono. Nombre cada compuesto.

5.30 Escriba las fórmulas y los nombres de:

a) Un alqueno de tres átomos de carbono.

b) Un alcohol secundario de cuatro átomos de carbono.

c) Un aldehído de tres átomos de carbono.

d) Una cetona de cuatro átomos de carbono.

e) Un ácido de tres átomos de carbono.

5.31 ¿Cuál de las sustancias siguientes Ud. utilizaría con preferencia para obtener un ácido orgánico: un alcohol secundario, una cetona, un alcohol primario o un alcano?

5.32 Escriba la fórmula semidesarrollada de los homólogos inferior y superior del ácido propanoico.

5.33 Represente las fórmulas semidesarrolladas de los principales compuestos orgánicos que se obtienen cuando reaccionan:

a) Ácido acético con 1-propanol, utilizando ácido sulfúrico como catalizador.

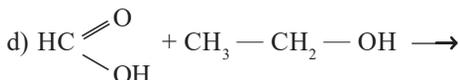
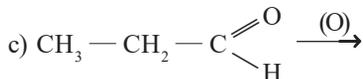
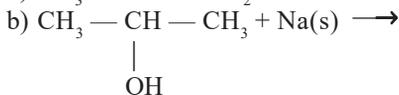
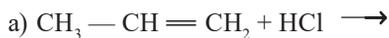
b) Ácido butanoico con carbonato de sodio.

5.34 Disponga los compuestos siguientes en orden de acidez creciente. Explique el ordenamiento por usted realizado:

Etanol, ácido etanoico, fenol, ácido clorhídrico.

5.35 A partir de reactivos derivados del petróleo, represente mediante ecuaciones químicas cómo se puede preparar industrialmente el acetato de etilo.

5.36 Escriba las ecuaciones químicas dadas las representaciones siguientes:

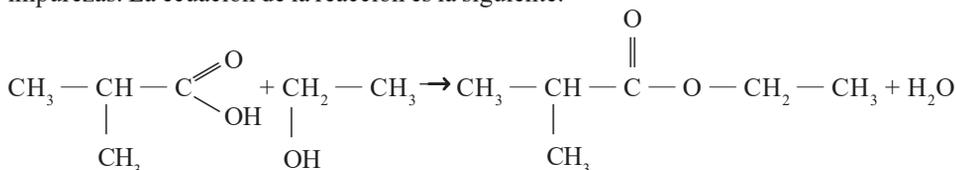


5.37 El formiato de etilo, tiene el olor del ron, y se obtiene mediante una de las reacciones anteriores. ¿Cuál de ella es? Fundamente su respuesta.

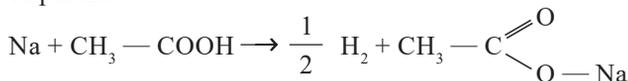
5.38 Calcule cuántos gramos posee una muestra de 4 mol de ácido butanoico.

5.39 El ácido metilpropanoico reacciona con el etanol para producir un éster:

Calcule cuántos gramos de éster se obtienen si reaccionan 10 g de ácido con un 2 % de impurezas. La ecuación de la reacción es la siguiente:



5.40 ¿Cuántos gramos de sodio reaccionan con una muestra de 73 g de ácido etanoico con 95 % de pureza?



5.41 Al reaccionar el sodio con ácido propanoico se producen 800 g de hidrógeno:

a) ¿Cuántos gramos de ácido reaccionaron?

b) ¿Cuántos moles de moléculas de hidrógeno se formaron?

5.42 En un laboratorio se hizo reaccionar etano con una sustancia *A* y se obtuvo el compuesto de fórmula $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$; esta sustancia reaccionó con un hidróxido alcalino acuoso y se obtuvo un compuesto *B* soluble en agua. Al compuesto *B* se le añadió un oxidante fuerte que lo convirtió en un compuesto orgánico *C*. Una muestra de *C* fue tratada con nitrato de plata amoniacal, comprobándose la presencia de plata metálica en el reactor; el residuo orgánico *D* una vez separado se hizo reaccionar con el metanol obteniéndose una sustancia *E* de fuerte sabor a ron.

a) Identifique las sustancias *A*, *B*, *C*, *D* y *E*, con sus fórmulas y nombres.

b) Escriba las ecuaciones químicas que representan las obtenciones anteriores.

6 AMINAS

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las sustancias orgánicas se amplía con el estudio de otros compuestos que están constituidos por carbono, hidrógeno y nitrógeno. La capacidad que tiene el átomo de nitrógeno para formar tres enlaces covalentes simples así como dobles y triples enlaces, hace que tenga posibilidades de formar grupos funcionales nitrogenados.

Existen muchas clases de compuestos orgánicos nitrogenados de gran importancia en la química. En este capítulo se estudian las aminas.

Las aminas se encuentran en pequeñas cantidades en la naturaleza y se originan, fundamentalmente, durante la descomposición del pescado, de la carne, de los desperdicios orgánicos, etcétera.

El estudio de las aminas permitirá dar respuesta, entre otras, a las preguntas siguientes: ¿Cómo se clasifican las aminas? ¿Cómo son las propiedades ácido-básicas de las aminas? ¿Por qué?

6.1 Aminas. Clasificación. Propiedades físicas. Estructura

Las aminas son compuestos orgánicos nitrogenados que pueden considerarse como derivados del amoníaco, en el que se han sustituido uno o más átomos de hidrógeno por grupos (alquilos o arilos).

Atendiendo a su estructura las aminas se clasifican en:

- Aminas primarias, secundarias y terciarias.
- Aminas alifáticas y aromáticas.

Son aminas primarias, secundarias y terciarias, en dependencia del número de átomos de hidrógeno sustituidos en la molécula de amoníaco, por grupos alquilos o arilo (tabla 6.1).

Las aminas primarias presentan un grupo alquilo o arilo, las secundarias dos y las terciarias tres. Los grupos sustituyentes R , R' y R'' pueden ser iguales o diferentes.

Tabla 6.1

Representación del amoníaco y de aminas primaria, secundaria y terciaria

	<i>Amoníaco</i>	<i>Amina primaria</i>	<i>Amina secundaria</i>	<i>Amina terciaria</i>
Fórmula global general	$\ddot{\text{N}}\text{H}_3$	$\text{R}\ddot{\text{N}}\text{H}_2$	$\text{R}_2\ddot{\text{N}}\text{H}$	$\text{R}_3\ddot{\text{N}}$

Tabla 6.1 (cont.)

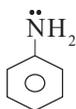
	<i>Amoniaco</i>	<i>Amina primaria</i>	<i>Amina secundaria</i>	<i>Amina terciaria</i>
Fórmula estructural general	$\text{H} - \ddot{\text{N}} - \text{H}$ H	$\text{R} - \ddot{\text{N}} - \text{H}$ H	$\text{R} - \ddot{\text{N}} - \text{R}'$ H	$\text{R} - \ddot{\text{N}} - \text{R}'$ R''
Ejemplo	-	$\text{CH}_3 - \ddot{\text{N}} - \text{H}$ H Metilamina	$\text{CH}_3 - \ddot{\text{N}} - \text{CH}_3$ H Dimetilamina	$\text{CH}_3 - \ddot{\text{N}} - \text{CH}_3$ CH ₃ Trimetilamina

Son aminas alifáticas y aromáticas, según el tipo de sustituyentes: las aminas son alifáticas si R, R' y R'' son grupos alquilo, y aromáticas si al menos uno de estos grupos es arilo.

Ejemplos:



Etilamina
(alifática)



Fenilamina o anilina
(aromática)

Propiedades físicas

Al igual que ocurre con las diferentes sustancias estudiadas hasta el momento, las propiedades de las aminas varían con el aumento de la masa molar.

En la tabla 6.2 se relacionan varias propiedades físicas de algunas aminas.

Tabla 6.2
Propiedades físicas de algunas aminas

<i>Fórmula semidesarrollada</i>	<i>Nombre</i>	<i>Temp. de ebullición (°C)</i>	<i>Temp. de fusión (°C)</i>	<i>Solubilidad en agua</i>
Aminas primarias:				
$\text{CH}_3 - \ddot{\text{N}}\text{H}_2$	metilamina	-6,5	-94	soluble
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \ddot{\text{N}}\text{H}_2$	etilamina	17	-84	soluble
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \ddot{\text{N}}\text{H}_2$	propilamina	49	-83	soluble
$\text{C}_6\text{H}_5 - \ddot{\text{N}}\text{H}_2$	fenilamina (anilina)	184	-46,2	poco soluble
Aminas secundarias:				
$(\text{CH}_3)_2 - \ddot{\text{N}}\text{H}$	dimetilamina	7,4	-96	soluble
$(\text{CH}_3 - \text{CH}_2)_2 - \ddot{\text{N}}\text{H}$	dietilamina	56	-48	soluble
$(\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2)_2 - \ddot{\text{N}}\text{H}$	dipropilamina	110	-40	soluble
$(\text{C}_6\text{H}_5)_2 - \ddot{\text{N}}\text{H}$	difenilamina	302	53	prácticamente insoluble

Tabla 6.2 (cont.)

<i>Fórmula semidesarrollada</i>	<i>Nombre</i>	<i>Temp. de ebullición (°C)</i>	<i>Temp. de fusión (°C)</i>	<i>Solubilidad en agua</i>
Aminas terciarias:				
$(\text{CH}_3)_3\ddot{\text{N}}$	trimetilamina	3,5	-117	soluble
$(\text{CH}_3 - \text{CH}_2)_3\ddot{\text{N}}$	trietilamina	90	-115	poco soluble
$(\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2)_3\ddot{\text{N}}$	tripropilamina	156	-90	poco soluble
$(\text{C}_6\text{H}_5)_3\ddot{\text{N}}$	trifenilamina	365	127	prácticamente insoluble

A medida que se incrementa el número de grupos alquilo y, la masa molar, aumentan las temperaturas de ebullición y de fusión, y disminuye la solubilidad en agua de las aminas primarias, secundarias y terciarias, respectivamente.

Estructura

Las aminas de estructura más sencilla (metilamina, dimetilamina y trimetilamina) tienen muchas propiedades semejantes al amoníaco: son gases de olor desagradable. No obstante, las aminas arden en el aire y el amoníaco no. Esta propiedad contribuyó al descubrimiento de las aminas, en (1848), por Würtz.*

De modo general, a temperatura y presión ambientes las aminas alifáticas de tres a once átomos de carbono, exceptuando la trimetilamina, son líquidas, mientras que las de doce o más átomos de carbono son sólidas.

Al comparar las temperaturas de ebullición de las aminas con las de los alcanos y los alcoholes de masa molar semejante, se puede apreciar que los valores de esta magnitud en las aminas son menores que en los alcoholes, y mucho mayores que en los alcanos correspondientes (tabla 6.3).

Las propiedades de las aminas están estrechamente relacionadas con el par de electrones sin compartir que posee el átomo de nitrógeno en sus estructuras.

Tabla 6.3

Temperatura de ebullición de aminas, alcoholes y alcanos de masa molar semejante

<i>Fórmula semidesarrollada</i>	<i>Nombre molar</i>	<i>Masa</i>	<i>Temp. de ebullición (°C)</i>
$\text{CH}_3 - \ddot{\text{N}}\text{H}_2$	metilamina	31	-6,5
$\text{CH}_3 - \text{OH}$	metanol	32	65,0
$\text{CH}_3 - \text{CH}_3$	etano	30	-88,6
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \ddot{\text{N}}\text{H}_2$	etilamina	45	17
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	etanol	46	78,3
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	propano	44	-42,1

* Würtz consideraba al principio que los vapores de etilamina eran de amoníaco, hasta que pudo comprobar, por casualidad, que este gas con olor a amoníaco ardía en el aire.

La existencia del enlace $\ddot{\text{N}}-\text{H}$ en las aminas primarias y en las secundarias, y el par de electrones sin compartir que presenta el átomo de nitrógeno, le confieren a las aminas propiedades semejantes al amoníaco.

Las aminas alifáticas pueden formar enlaces por puente de hidrógeno intermoleculares, exceptuando las aminas terciarias.

El átomo de nitrógeno es menos electronegativo que el de oxígeno, por lo que los enlaces por puente de hidrógeno son menos fuertes en las aminas, que en los alcoholes, lo que trae como resultado que las temperaturas de ebullición de las aminas sean generalmente inferiores a las de los alcoholes de masa molar semejante.

Por otra parte, los valores de temperatura de ebullición son mayores en las aminas, que en los alcanos, porque en estos no hay enlaces por puente de hidrógeno.

Las aminas terciarias no pueden formar enlaces por puente de hidrógeno entre sí al no tener enlaces $\ddot{\text{N}}-\text{H}$ y, por ello, hierven a menor temperatura que las aminas primarias y secundarias de masa molar semejante.

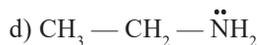
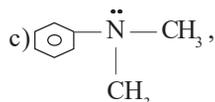
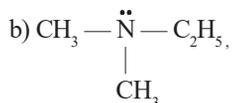
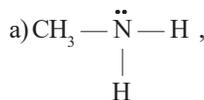
Todas las aminas pueden formar enlaces por puente de hidrógeno con el agua, por lo que las aminas de baja masa molar son muy solubles en agua.

Las aminas terciarias son muy poco solubles en agua, debido a que el volumen de los tres grupos alquilo dificulta la formación de los enlaces por puente de hidrógeno.

La disminución de la solubilidad de las aminas en agua con el aumento del número de átomos de carbono es gradual. Las aminas alifáticas de hasta seis átomos de carbono son generalmente solubles en agua.

???

6.1 Clasifique las aminas representadas a continuación:



- 1) Según el número de átomos de hidrógeno sustituidos en la molécula de amoníaco por grupos alquilo o arilo.
- 2) Según el tipo de sustituyente.

6.2 El criterio de clasificación de las aminas en primarias, secundarias y terciarias es distinto al que se emplea para clasificar a los alcoholes en primarios, secundarios y terciarios.

- a) Argumente la afirmación anterior.
- b) Escriba la fórmula semidesarrollada de una amina y de un alcohol primario, secundario y terciario, respectivamente, con lo cual confirme o refute esa afirmación.

6.3 ¿A qué se debe la diferencia entre las temperaturas de ebullición de las aminas primarias y secundarias y las aminas terciarias?

6.4 Argumente la afirmación siguiente:

Las temperaturas de ebullición de las aminas son más elevadas que las de los alcanos, y menores que las de los alcoholes de masa molar semejante.

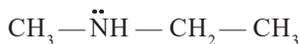
6.5 Si todas las aminas pueden formar enlaces por puente de hidrógeno con el agua, ¿por qué las aminas terciarias generalmente son poco solubles en este disolvente?

6.2 Nomenclatura y notación química de las aminas

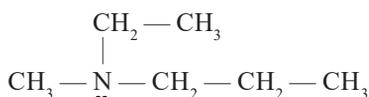
Las aminas de estructura más sencilla se nombran añadiendo el sufijo *amina* a los nombres de los grupos alquilo o arilo unidos al nitrógeno. Si un mismo grupo se repite, se utilizan los prefijos (*di* o *tri*). Los nombres de los grupos se colocan por orden alfabético.* Por ejemplo:



Dietilamina



Etilmetilamina

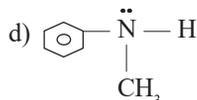
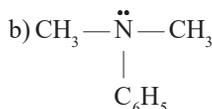
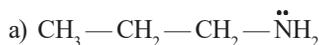


???

6.6 Escriba las fórmulas semidesarrolladas de:

- a) Metilamina; b) Etilpropilamina; c) Trifenilamina;
d) Fenilmetilamina; e) Dimetilpropilamina; f) Etilfenilmetilamina.

6.7 Nombre las aminas representadas por las fórmulas siguientes:



6.3 Propiedades químicas de las aminas

Al igual que el amoníaco, las aminas poseen un par de electrones sin compartir, que son los que determinan el comportamiento químico de este tipo de sustancias: su basicidad.

La tendencia del átomo de nitrógeno a compartir este par de electrones hace que las aminas actúen como aceptores de protones (H^+).

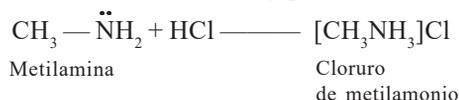
* En compuestos de estructuras más complejas se nombra el grupo amino (NH_2) como sustituyente de la cadena o del anillo, según la IUPAC. Por ejemplo:



2-amino-3-fenilbutano

De acuerdo con la teoría de Bronsted-Lowry, un ácido es capaz de ceder protones y una base es un captador de protones.

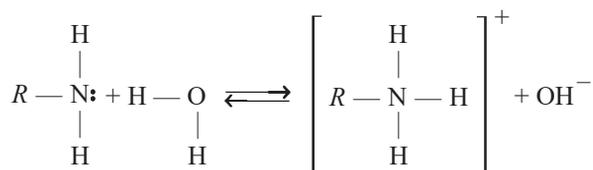
Así, las aminas y el amoníaco se comportan en sus reacciones como bases, sus disoluciones acuosas azulean el tornasol, y pueden ser neutralizadas por los ácidos.



Todas las aminas, al igual que el amoníaco, reaccionan con ácidos, formando sales similares a las sales de amonio, como el cloruro de metilamonio.*

La fortaleza de la basicidad de las aminas se puede expresar por la constante de basicidad, K_b^{**} , cuyo valor indica la tendencia de la amina a aceptar un protón del agua.

Cuando una amina se disuelve en agua se establece un equilibrio, que puede representarse, para el caso de las aminas primarias, mediante la ecuación general siguiente:



En este caso la expresión de K_b es:

$$K_b = \frac{c(\text{RNH}_3^+) \cdot c(\text{OH}^-)}{c(\text{R}\ddot{\text{N}}\text{H}_2)}$$

Mientras mayor sea el valor de K_b , mayor será la tendencia a aceptar el protón del agua. Los valores altos de K_b corresponden a las aminas, que son bases más fuertes, y los bajos, a las aminas que son bases más débiles. En la tabla 6.4 se relacionan los valores de K_b del amoníaco y de algunas aminas.

Tabla 6.4

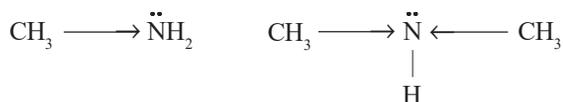
Constante de basicidad de algunas aminas y del amoníaco

Nombre	Fórmula semidesarrollada	K_b
Amoníaco	$\ddot{\text{N}}\text{H}_3$	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Metilamina	$\text{CH}_3 - \ddot{\text{N}}\text{H}_2$	$4,4 \cdot 10^{-4}$
Dimetilamina	$(\text{CH}_3)_2\ddot{\text{N}}\text{H}$	$5,1 \cdot 10^{-4}$
Trimetilamina	$(\text{CH}_3)_3\ddot{\text{N}}$	$5,3 \cdot 10^{-5}$
Fenilamina (anilina)	$\text{C}_6\text{H}_5 - \ddot{\text{N}}\text{H}_2$	$4,2 \cdot 10^{-10}$

* Las sales de las aminas se nombran, generalmente, sustituyendo la palabra *amina* por *amonio* y anteponiendo el nombre del anión.

** Constante de disociación iónica para bases.

Las aminas alifáticas poseen valores de K_b mayores que el amoníaco, por lo que son bases ligeramente fuertes. Esto puede explicarse por el efecto inductivo que ejercen los grupos alquilo sobre el átomo de nitrógeno, lo cual determina una mayor facilidad para captar protones, según se representa por:



Las aminas alifáticas terciarias son bases más débiles que las primarias y las secundarias, porque existen otros factores, entre ellos, el efecto que ejerce el volumen de los tres grupos alquilo sobre el átomo de nitrógeno, el cual dificulta la posibilidad de captar protones.

Las aminas aromáticas, como la fenilamina, son bases más débiles que las aminas alifáticas y que el amoníaco, ya que el par de electrones no compartido se encuentra comprometido parcialmente con el anillo bencénico, por lo que está menos disponible para captar protones. El resultado neto de la interacción entre el par de electrones no compartido del átomo de nitrógeno y los seis electrones deslocalizados del benceno es el enriquecimiento en la densidad electrónica del anillo bencénico y, por tanto, el empobrecimiento de dicha densidad en el nitrógeno en relación con un átomo de nitrógeno de una amina alifática.

En resumen, las propiedades básicas de las aminas alifáticas disminuye en el orden siguiente:

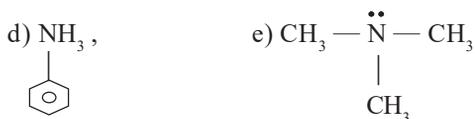
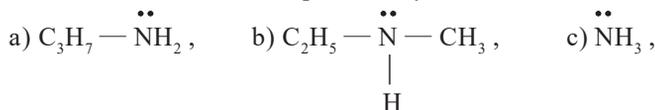
secundaria > primaria > terciaria

Y estas a su vez son más básicas que las aminas aromáticas y el amoníaco.

???

6.8 ¿A qué se deben las propiedades básicas de las aminas?

6.9 Teniendo en cuenta los compuestos cuyas fórmulas son:



1) Ordénelos en forma decreciente de basicidad.

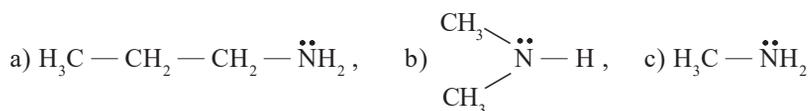
2) Nombre cada uno de ellos.

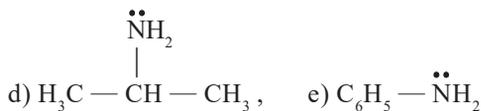
6.10 Escriba las ecuaciones químicas que representan las reacciones siguientes:

a) etilamina con ácido clorhídrico,

b) metilamina con agua.

6.11 Dados los compuestos representados:





- 1) ¿Cuál de las aminas representadas es más básica? Explique.
- 2) Seleccione la fórmula que representa una amina secundaria.

6.4 Aplicaciones de las aminas

Las aminas alifáticas tienen gran utilidad como materia prima en la obtención de sustancias medicinales y de otros productos necesarios en la síntesis orgánica.

Por ejemplo, la dimetilamina es una sustancia de gran importancia, ya que a partir de la reacción con ácido nitroso se obtienen las hidracinas, que se emplean como propulsores de cohetes.

La dimetilamina y la trimetilamina se usan para fabricar resinas de intercambio tónico.

La anilina es una de las aminas aromáticas más importantes, ya que tiene gran aplicación industrial. Se emplea en la síntesis de otros compuestos orgánicos, tales como los colorantes, las sustancias para la industria del caucho y los preparados medicinales, y como punto de partida en diferentes procesos de síntesis orgánica.

En general, las aminas se utilizan en la obtención de fármacos, colorantes, insecticidas, etcétera.

???

6.12 Mencione la utilidad de las aminas alifáticas.

6.13 ¿Por qué la anilina es una de las aminas más importantes?

Resumen de ejercicios

6.14 Complete el cuadro siguiente:

<i>Fórmula semidesarrollada</i>	<i>Nombre</i>	<i>Clasificación según el número de átomos de hidrógeno sustituidos en la molécula de NH₃</i>
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \ddot{\text{N}}\text{H}_2$	dietilamina	
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \ddot{\text{N}} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{array}$		

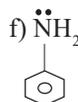
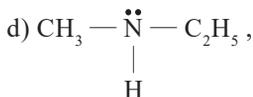
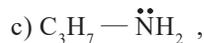
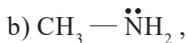
6.15 Escriba las fórmulas semidesarrolladas correspondientes a una:

- a) Amina alifática primaria de cuatro átomos de carbono.
- b) Amina aromática primaria.

c) Amina alifática secundaria de tres átomos de carbono.

d) Amina alifática terciaria de tres átomos de carbono.

6.16 Teniendo en cuenta las fórmulas químicas siguientes:



1) Seleccione la que represente una amina secundaria.

2) ¿Cuál de las aminas primarias alifáticas tiene mayor temperatura de ebullición? ¿Por qué?

3) ¿Cuál de los compuestos representados en b) y e) es más soluble en agua? Explique.

4) Nombre las aminas representadas en b) y f) y diga cuál de ellas posee propiedades básicas más acusadas. Explique.

6.17 Escriba la ecuación química de la reacción entre la propilamina y el ácido clorhídrico.

6.18 ¿Cuántos gramos de metilamina reaccionan con 80 g de una disolución de ácido clorhídrico que tiene un 30 % de pureza?

7 CARBOHIDRATOS Y AMINOÁCIDOS

INTRODUCCIÓN

Existen compuestos químicos en los cuales hay más de un grupo funcional diferente. Algunos de ellos poseen en su composición grupos hidroxilo y grupos carbonilo, otros un grupo carboxilo y uno o más grupos amino, también pueden presentar otros grupos funcionales. Entre estas sustancias están los sacáridos o carbohidratos, los aminoácidos y las proteínas.

Los carbohidratos tienen especial importancia para el hombre, pues constituyen almacenes de energía química, son constituyentes de las estructuras de las plantas, además de servir para la construcción de viviendas, la alimentación y la elaboración de libros.

Las proteínas son polímeros de aminoácidos, constituyen los seres vivos, en los que cumplen funciones estructurales, y sirven entre otras como alimento para el hombre.

El estudio de esta unidad permitirá conocer: ¿Cuáles son las estructuras de los principales carbohidratos y aminoácidos? ¿Qué propiedades se derivan de estas estructuras? ¿Por qué estas sustancias son indispensables para la vida?

7.1 Carbohidratos o sacáridos. Clasificación. Propiedades físicas

Los carbohidratos o sacáridos, también conocidos como hidratos de carbono y últimamente como glúcidos, son polihidroxialdehidos, polihidroxicetonas o compuestos que por hidrólisis se convierten en estos.

Los carbohidratos son sustancias orgánicas sintetizadas en las plantas al combinar el dióxido de carbono y el agua, con la ayuda catalítica de la clorofila y con la energía en el proceso de fotosíntesis. Son compuestos orgánicos muy abundantes en la naturaleza. Por ejemplo, la glucosa o azúcar de uva, la celulosa, que representa el material soporte de las plantas, y el almidón, que se almacena en las semillas, y sirve de alimento a los seres humanos y a las nuevas plantas.

Clasificación

Atendiendo al número de moléculas que producen en su hidrólisis los carbohidratos se clasifican en monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos.

Propiedades físicas

En la tabla 7.2 se ofrecen algunas propiedades físicas de los carbohidratos mencionados.

Tabla 7.1

Clasificación	Características	Ejemplo
Monosacáridos o azúcares simples	No se hidrolizan a moléculas más sencillas	glucosa fructosa
Oligosacáridos	Al hidrolizarse se obtienen entre 2 y 10 moléculas de monosacáridos	sacarosa (disacárido)
Polisacáridos	Al hidrolizarse se obtiene un número elevado de moléculas de monosacáridos	almidón celulosa

Tabla 7.2

Propiedades físicas de algunos carbohidratos

	Glucosa	Fructosa	Sacarosa	Almidón	Celulosa
Fórmula global	$C_6H_{12}O_6$	$C_6H_{12}O_6$	$C_{12}H_{22}O_{11}$	$(C_6H_{10}O_5)_n$	$(C_6H_{10}O_5)_n$
Estado de agregación	sólido	sólido	sólido	sólido	sólido
Sabor	dulce	dulce	dulce	–	–
Color	blanco	blanco	blanco	blanco	blanco
Olor	inodoro	inodoro	inodoro	inodoro	inodoro
Solubilidad en agua	soluble	soluble	soluble	poco soluble	insoluble
Solubilidad en alcohol	soluble	soluble	soluble	poco soluble	insoluble

???

- 7.1 El ácido acético tiene fórmula global $C_2(H_2O)_2$, ¿Cree usted que se pueda afirmar de acuerdo con su fórmula, que esta sustancia sea un carbohidrato? Justifique su respuesta.
- 7.2 De las palabras encerradas entre paréntesis, subraye las que corresponden a un carbohidrato (alcano, monosacárido, glicérido, alcohol, oligosacárido).
- 7.3 Un compuesto A tiene tres grupos OH en su cadena y, además un grupo carboxilo. ¿Se puede afirmar que este compuesto es un carbohidrato? Explique.

7.2 Monosacáridos: Glucosa. Estructura. Propiedades químicas. Aplicaciones

Los monosacáridos son compuesto que tienen asociados a la cadena carbonada varios grupos hidroxilo (OH) y el grupo funcional de los aldehídos o el de las cetonas. Por esta razón pueden ser polihidroxialdehidos o polihidroxicetonas.

Tabla 7.3

Ejemplos de monosacáridos

Monosacárido	Fórmula global	Fórmula estructural	Nombre
Polihidroxialdehído	$C_6H_{12}O_6$	$ \begin{array}{c} H - C = O \\ \\ H - C - OH \\ \\ HO - C - H \\ \\ H - C - OH \\ \\ H - C - OH \\ \\ H - C - OH \\ \\ H \end{array} $	glucosa
Polihidroxicetona	$C_6H_{12}O_6$	$ \begin{array}{c} H \\ \\ H - C - OH \\ \\ C = O \\ \\ HO - C - H \\ \\ H - C - H \\ \\ H - C - OH \\ \\ H - C - OH \\ \\ H \end{array} $	fructosa

Los más comunes tienen de tres a siete átomos de carbono y entre ellos encontramos a la glucosa y a la fructosa.

De los monosacáridos existentes, el más importante es la glucosa que posee 6 átomos de carbono en su molécula.

Estructura

Es el monosacárido de mayor importancia para la vida del hombre, se encuentra en muchos frutos como la uva; en disacáridos, como la sacarosa, y en polisacáridos como el almidón y la celulosa.

La fórmula global de la glucosa es $C_6H_{12}O_6$. Numerosos estudios han permitido determinar que en la molécula de esta sustancia existen cinco grupos hidroxilo (OH) y un grupo aldehído.

Estudios posteriores han comprobado que la molécula de glucosa existe en disolución como una cadena abierta en equilibrio con una estructura cíclica en la cual el grupo aldehído interacciona con el grupo hidroxilo del carbono cinco. En este equilibrio predomina la forma cíclica (fig. 7.1):

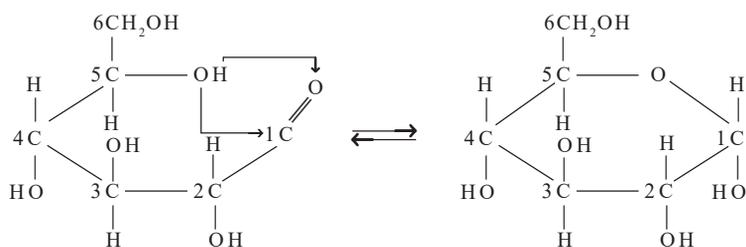


Fig. 7.1 Equilibrio en disolución acuosa, de las dos formas fundamentales de la glucosa

Propiedades químicas

Por poseer la glucosa el grupo funcional de los alcoholes y el de los aldehídos interviene en diferentes reacciones químicas, algunas de ellas características de estos tipos de sustancias.

Se oxida con los reactivos de Tollens y de Fehling observándose en el primer caso la formación del espejo de plata que se adhiere a las paredes del tubo de ensayo y, en el segundo, la aparición de un precipitado de color rojo.

La glucosa manifiesta una reacción que no la experimentan los alcoholes, ni los aldehídos: la fermentación.

Existen distintos tipos de fermentación (láctica, alcohólica, etc.); en todas, la glucosa se descompone bajo la acción de un catalizador orgánico o enzima.

Aplicaciones

La glucosa es muy utilizada desde el punto de vista nutritivo, pues cuando se oxida en el organismo produce gran cantidad de energía.

La fermentación alcohólica de la glucosa que se realiza bajo la acción del *saccharomyces cerevisiae* produce etanol cuyos usos ya se conocen.

La fermentación láctica de la glucosa que se produce por la acción de la enzima *lactobacillus* produce ácido láctico que se utiliza en la fabricación del yogourt, queso, etcétera.

El proceso de formación del ácido láctico, tiene lugar durante la acidificación de la leche, y en el ensilado de los forrajes en el que ofrece el medio ácido que impide la putrefacción de las proteínas y la obtención de forrajes de alta calidad.

Por su sabor dulce la glucosa se emplea en confitería, para la preparación de caramelos y golosinas.

Su carácter reductor y su bajo costo hace que se le emplee en la confección de espejos.

También la vitamina C (ácido ascórbico) se produce en la industria a partir de la glucosa.

???

7.4 ¿Qué reacción demuestra la existencia de un grupo aldehído en la glucosa?

7.5 Escriba las fórmulas lineales de la glucosa y la fructosa y compárelos en cuanto a:

- Número de átomos de carbono.
- Número de grupos hidroxilos.
- Posición en cada uno del grupo carbonilo.
- Posible reacción con el reactivo de Fehling.

7.6 Mencione tres aplicaciones de la glucosa, y señale en qué propiedad se basa cada una de ellas.

7.7 Calcule la masa en gramos de 1 mol de glucosa.

7.3 *Disacáridos. Estudio de la sacarosa. Propiedades físicas. Estructura. Propiedades químicas. Industria azucarera. Aplicaciones de la sacarosa*

Los disacáridos son carbohidratos que al hidrolizarse dan dos moléculas de monosacáridos. Entre los más importantes están la sacarosa o azúcar de caña, la maltosa o azúcar de malta y la lactosa o azúcar de leche. Estos azúcares son isómeros que responden a la fórmula general $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Propiedades físicas

La sacarosa es un sólido cristalino, de color blanco, de sabor dulce y muy soluble en agua. Funde a 185 °C, y cuando se solidifica lo hace en forma de masa amorfa, llamada caramelo.

Se obtiene de la caña de azúcar y de la remolacha; también se encuentra en el melón y la zanahoria.

Estructura

La composición química de la sacarosa (fig. 7.2) responde a la unión de dos unidades estructurales una de glucosa y otra de fructosa mediante un átomo de oxígeno. Este enlace se denomina enlace glicosídico, y en el caso de la sacarosa se establece entre el carbono uno de la glucosa, y el carbono dos de la fructosa, por lo que no queda libre el grupo carbonilo.

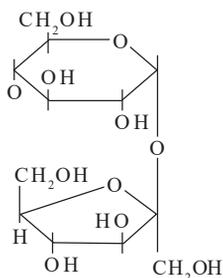
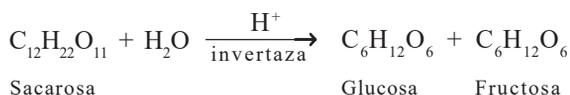


Fig. 7.2 Estructura de la sacarosa

Propiedades químicas

La sacarosa se hidroliza por la acción de un ácido mineral o mediante una enzima produciendo glucosa y fructosa:



No se oxida con los reactivos de Tollens y de Fehling, por lo que no se observa la formación del espejo de plata, ni del precipitado de color rojo.

Industria azucarera

La industria azucarera es la principal industria de Cuba y es la caña de azúcar la materia prima de esta industria.

El proceso agroindustrial del azúcar comprende dos aspectos principales:

- a) Aspecto agrícola: cultivo de la caña de azúcar.
- b) Aspecto industrial: obtención de azúcar crudo y azúcar refino.

El proceso industrial en la fabricación de azúcar comprende las siguientes fases principales:

- a) Molienda.
- b) Clarificación.
- c) Concentración (vaporización).
- d) Cristalización.
- e) Separación del azúcar crudo y refinación.

En la *molienda* se realiza la extracción máxima del jugo de la caña (guarapo).

La *clarificación* es la fase donde se lleva a cabo la purificación del guarapo, separándolo de las impurezas, y eliminando todas las sustancias que producen acidez y causan alteraciones al guarapo. La adición de cal apagada (CaO) permite la regulación del pH del jugo.

La *concentración* es el proceso de fabricación de azúcar en el que se elimina el porcentaje de agua que contiene el guarapo. En esta etapa del proceso es muy importante el control de la presión y la temperatura.

La *cristalización* es la formación inicial del grano de azúcar.

La *separación del azúcar crudo* se realiza en las centrifugas. En esta etapa se obtiene el cristal sin la miel o melaza que lo recubre en la cristalización.

En la *refinación* se eliminan las impurezas coloreadas que conserva el azúcar crudo, y se obtiene el azúcar blanco o refino. Para esto se emplea carbón activado.

Aplicaciones de la sacarosa

La sacarosa se utiliza por su sabor dulce, agradable al paladar y su alto poder energético en la industria alimentaria. Cuba es uno de los principales exportadores de azúcar de caña en el mundo.

No obstante la industria productora de azúcar tiene otros renglones importantes para el país. En la actualidad se obtiene a partir del bagazo de la caña, papel, cartón y fibras textiles.

De las mieles finales que no cristalizan más azúcar se obtienen alcoholes y levaduras mediante fermentación; las levaduras se utilizan para la alimentación del ganado.

A partir del bagazo se están fabricando tableros o maderas artificiales. La paja de la caña se utiliza como abono y el cogollo como alimento del ganado, de la cachaza se extraen fertilizantes y ceras. En la figura 7.3 se representan los principales derivados obtenidos de la caña de azúcar.

???

7.8 ¿Qué son los disacáridos?

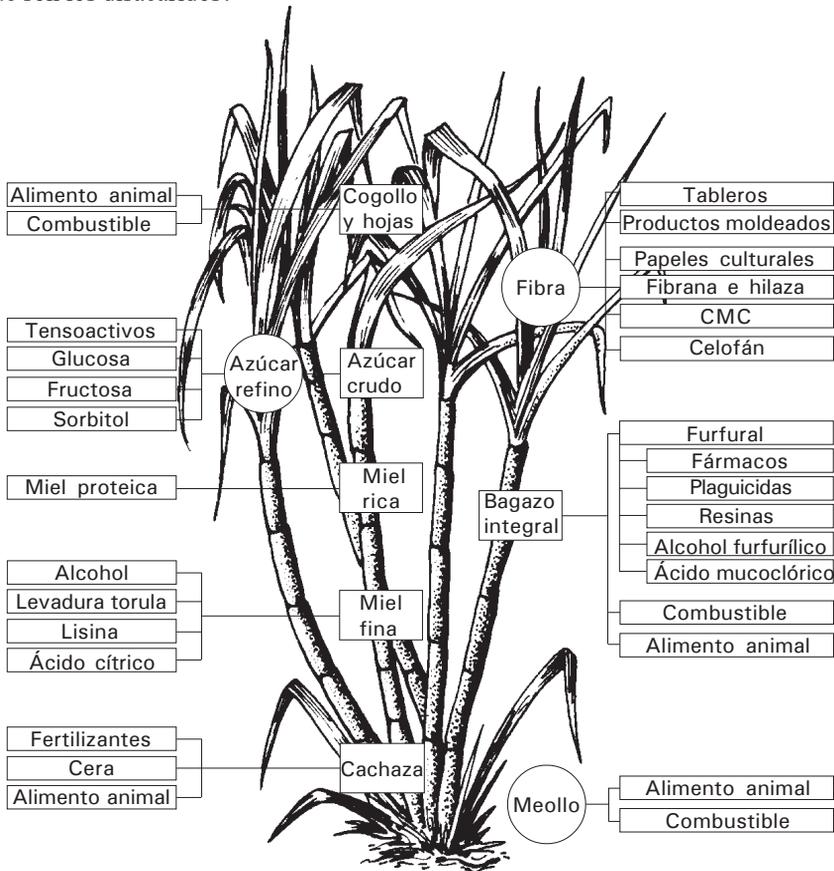


Fig. 7.3 Principales derivados de la caña de azúcar

- 7.9 Señale dos etapas en la fase industrial de fabricación del azúcar de caña.
- 7.10 La concentración de guarapo para obtener azúcar se efectúa a baja temperatura. Argumente la anterior afirmación.
- 7.11 Busque un artículo de actualidad en el que se hable acerca del desarrollo de la industria azucarera y de sus derivados en Cuba y haga un informe.
- 7.12 Se poseen dos sólidos finamente divididos y se sabe que uno es glucosa y el otro es sacarosa. ¿Cómo se pueden diferenciar utilizando medios químicos?
- 7.13 ¿Cómo se puede comprobar que la sacarosa se hidroliza cuando se tiene en un vaso de té con limón?
- 7.14 Se obtuvo 100 g de glucosa por hidrólisis de una muestra de sacarosa. ¿Cuántos gramos de sacarosa se utilizaron si se sabe que solamente se hidrolizó el 80 %?

7.4 Aminoácidos. Propiedades físicas. Estructura

Los aminoácidos son compuestos que como su nombre lo indica, están constituidos por dos grupos funcionales: el grupo amino ($-\ddot{\text{N}}\text{H}_2$) y el grupo carboxilo ($-\text{COOH}$). Los aminoácidos más sencillos contienen un solo grupo de cada función.

Estos compuestos pueden considerarse como derivados de ácidos carboxílicos que contienen un grupo amino. Por ejemplo, si en el ácido etanoico se sustituye uno de los hidrógenos contiguo al grupo carboxilo (fig. 7.4), por un grupo amino estamos en presencia del representante más simple de los aminoácidos el ácido aminoetanoico, más conocido como glicina.



Fig. 7.4 Fórmulas estructurales: a) ácido etanoico; b) ácido aminoetanoico

Generalmente el grupo amino se encuentra en el átomo de carbono contiguo al grupo carboxilo, el cual se identifica como carbono alfa (α) o carbono dos.

No obstante existen aminoácidos con el grupo amino situado en otros carbonos (tres, cuatro, etc.). A estas posiciones también se les denomina por las letras griegas correspondientes: beta (β), gamma (γ), etcétera.

Propiedades físicas

Los aminoácidos son sólidos cristalinos no volátiles, solubles en agua y prácticamente insolubles en disolventes apolares. Presentan altas temperaturas de fusión y en general se descomponen al fundirse.

Los aminoácidos son compuestos de gran importancia para la vida; algunos de ellos esenciales para lograr el desarrollo normal de niños y jóvenes, y mantener un buen estado de salud en los adultos.

En la tabla 7.4 aparecen las fórmulas de los aminoácidos más sencillos que forman las proteínas.

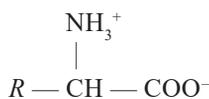
Tabla 7.4

Fórmulas y nombres de algunos aminoácidos

<i>Fórmulas semidesarrolladas</i>	<i>Nombres</i>
$\ddot{\text{N}}\text{H}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$	ácido aminoetanoico (glicina)
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \ddot{\text{N}}\text{H}_2 \end{array}$	ácido 2-aminopropanoico (alanina)
$\begin{array}{c} \ddot{\text{N}}\text{H}_2 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	ácido 2-amino-3-metilbutanoico (valina)
$\begin{array}{c} \ddot{\text{N}}\text{H}_2 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	ácido 2-amino-4-metilpentanoico (leucina)

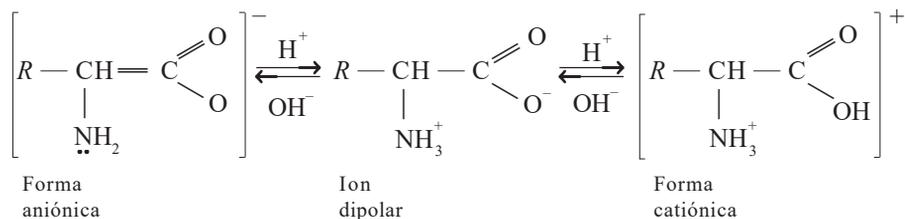
Estructura

El grupo carboxilo de los aminoácidos tiene tendencia a ceder un protón (propiedades ácidas), mientras que el grupo amino tiene tendencia a aceptarlo (propiedades básicas), lo que hace que los aminoácidos tengan estructura de ion dipolar.



El ion dipolar contiene un grupo básico negativo, carboxilato (COO^-) y un grupo ácido positivo (NH_3^+).

En disoluciones acuosas de aminoácidos se establece un equilibrio que se puede representar de la forma siguiente:



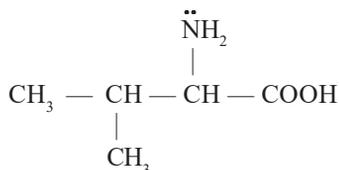
Evidentemente, la adición de un protón al aminoácido lo convierte en una especie catiónica y, la adición de un oxhidrilo, en una especie aniónica. Para cada aminoácido debe haber un valor de pH*, en el cual el aminoácido tiene tendencia a formar cualquiera de estos dos iones y, por consiguiente, se comporta como una sustancia anfótera.

Si se aumenta la acidez (disminución del pH), predomina la especie catiónica; si disminuye la acidez (aumenta el pH) predomina la especie aniónica.

Nomenclatura

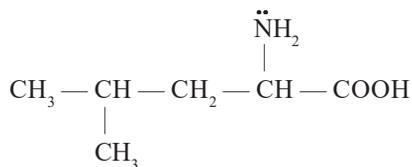
En el sistema IUPAC estos compuestos se nombran como amino-derivados de los ácidos correspondientes.

Ejemplo 1



ácido 2-amino-3-metilbutanoico

Ejemplo 2



ácido 2-amino-4-metilpentanoico

Los aminoácidos tienen, además, nombres comunes, que son los que se utilizan con más frecuencia, en la tabla 7.4 se reflejan entre paréntesis.

???

7.15 ¿Por qué los aminoácidos son compuestos de funciones mixtas?

7.16 Describa las propiedades físicas de los aminoácidos.

7.5 Propiedades químicas de los aminoácidos. Formación de péptidos. Aplicaciones

Las reacciones de los aminoácidos están determinadas por la presencia de los dos grupos funcionales amino y carboxilo.

De acuerdo con la teoría de Bronsted-Lowry un aminoácido es una sustancia anfótera, ya que el grupo carboxilo cede protones al reaccionar con bases, formando sales, y con alcoholes, for-

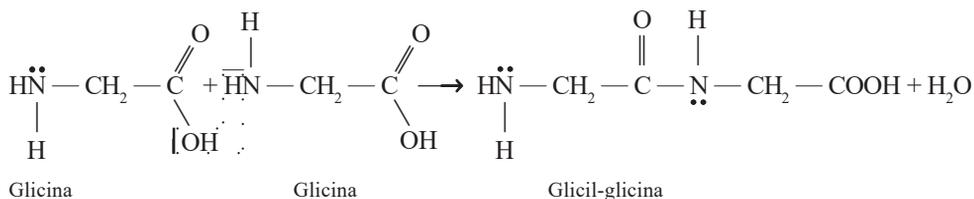
*Este valor de pH es denominado *punto isoeléctrico*.

mando ésteres, mientras que el grupo amino capta protones al reaccionar el aminoácido con ácidos formando sales.

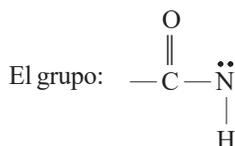
No obstante, las propiedades anfóteras de los aminoácidos se diferencian de las que presentan los compuestos inorgánicos, debido a que estas propiedades están dadas por la presencia de diferentes grupos de átomos (amino y carboxilo), en una misma molécula.

Formación de péptidos

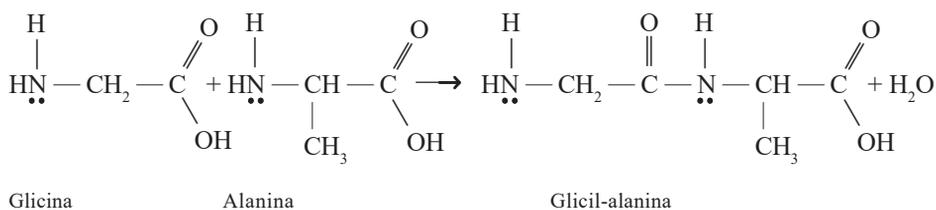
Esto hace que los aminoácidos también puedan reaccionar entre sí por la combinación de los grupos amino y carboxilo, para formar compuestos que reciben el nombre de péptidos:



Esta ecuación representa la reacción entre dos aminoácidos (glicina) y el producto formado es un dipéptido. Cuando se unen varias moléculas de aminoácidos el compuesto formado se denomina *polipéptido*. Como resultado de esta reacción siempre se origina agua:



que se forma en la reacción entre los aminoácidos recibe el nombre de grupo *peptídico* o grupo *amida* y el enlace entre los átomos de carbono y nitrógeno, en este grupo se denomina enlace *peptídico*:



La reacción sucesiva entre aminoácidos puede continuar, obteniéndose un polipéptido. Cuando la masa molar del compuesto formado sobrepasa, aproximadamente las 10 000 unidades se llama *proteína*.

Los aminoácidos constituyen la unidad estructural fundamental de las proteínas. De los veinte aminoácidos que se encuentran en las proteínas naturales, hay ocho que el cuerpo humano no puede sintetizar y, por tanto deben estar contenidos en la alimentación. Estos se conocen con el nombre de *aminoácidos esenciales*.

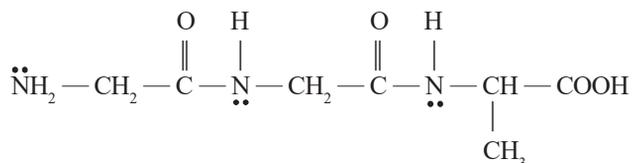
Las proteínas se encuentran en las semillas, en las células de los mamíferos, en las *enzimas*, en algunas hormonas y en general en todos los organismos vivos.

En ellas se repiten ilimitadamente las cadenas polipéptidas y en estas los radicales de aminoácidos. En cada proteína se encuentran rigurosamente ordenados los aminoácidos que la constituyen.

Las proteínas poseen estructuras complejas y muy variadas, por lo que difieren en su comportamiento.

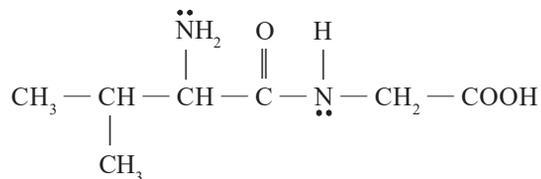
???

7.17 Dado el compuesto representado por



Escriba las fórmulas de los aminoácidos que dieron lugar a este compuesto.

7.18 A partir de la fórmula del péptido siguiente:



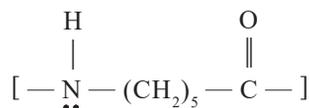
- Clasifíquelo.
- Señale el grupo peptídico y el enlace peptídico.
- Escriba la fórmula de los aminoácidos que dieron lugar a este compuesto.

Aplicaciones de los aminoácidos

Los organismos animales constituyen sus proteínas a partir de los aminoácidos que obtienen de los alimentos; por eso, junto con las grasas y los carbohidratos las proteínas son un componente obligatorio de la alimentación.

Algunos aminoácidos se utilizan en la obtención de fibras sintéticas como el caprón y el nailon.

Uno de los productos de mayor empleo en la industria es el caprón, el cual se optiene a partir de la policondensación del ácido 6-aminohexanoico.



Caprón

Las fibras de resinas como el caprón, son utilizadas en la producción de redes de pescar, neumáticos para aviones, etc. En particular, estas fibras se emplean en gran escala para la fabricación de tejidos, los cuales no se pueden planchar en caliente, porque se funden por acción del calor; por ejemplo, las sedas.

???

7.19 Mencione dos aplicaciones de los aminoácidos.

7.20 Explique la importancia biológica de los aminoácidos.

Resumen de ejercicios

7.21 Teniendo en cuenta las fórmulas químicas siguientes:

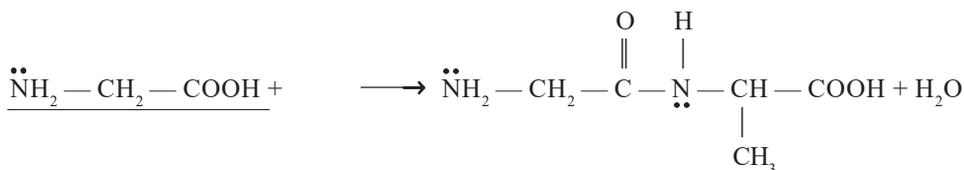


- 1) ¿A qué función química pertenecen cada uno de ellos?
- 2) Nombre los compuestos representados en b) y d).
- 3) ¿Qué propiedades ácido-básicas presenta el compuesto representado en c)?
- 4) ¿Qué reactivo Ud. utilizaría para identificar la sustancia representada en a)?

7.22 Complete el cuadro siguiente:

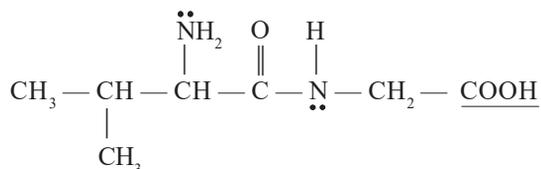
Fórmula	Nombre	Aplicación
	sacarosa	
$\ddot{N}H_2 - CH_2 - COOH$	glucosa	

7.23 Dada la representación siguiente:



- a) Complétela.
- b) ¿Qué propiedades ácido-básicas posee el compuesto subrayado?

7.24 De la fórmula siguiente:



- a) Encierre en un círculo el grupo amida.
- b) Escriba las fórmulas que dieron origen al dipéptido formado.
- c) ¿Qué propiedades ácido-básicas le confiere el grupo subrayado al compuesto representado?

ORIENTACIONES GENERALES PARA EL TRABAJO EN EL LABORATORIO

1. Para realizar con éxito los experimentos, es necesario que se prepare previamente, consulte los párrafos correspondientes en el texto y estudie detalladamente el procedimiento que debe llevar a cabo. Si durante la preparación le ha quedado alguna duda, solicite al profesor las explicaciones necesarias, antes de comenzar el experimento.
2. Haga los experimentos sin prisa, cada uno debe hacer sus propias observaciones, realizar sus propios cálculos; o sea, la manipulación puede ser por parejas, pero el trabajo mental ha de ser individual.
3. Cuando trabaje mantenga silencio, conserve la limpieza y el orden. Si tiene que decir algo al compañero, hágalo en voz baja. La obediencia estricta debe ser habitual y todas las instrucciones deben seguirse estrictamente.
4. Los reactivos deben utilizarse con el grado de pureza adecuado, por lo que hay que evitar contaminarlos con otras sustancias. Para evitar esto observe las precauciones siguientes:
 - a) Mantenga siempre bien tapados los frascos o recipientes.
 - b) Siempre que la cucharilla, gotero o agitador se utilicen en diferentes sustancias deben lavarse y secarse con un papel.
 - c) Todos los útiles (tubos de ensayos, vasos de precipitado y demás) deben estar limpios para ser utilizados.
 - d) Una vez utilizado un reactivo, la cantidad sobrante no la retorne al envase original, puesto que esto puede contaminar el reactivo. Los sobrantes deben ser entregados al profesor.
 - e) No ponga las tapas de los frascos de reactivos que abre, hacia abajo, sobre la mesa, pues pueden tomar impurezas y contaminar las disoluciones o reactivos cuando vuelva a tapar los frascos.
5. Los equipos deben montarse en el orden siguiente:

En primer lugar se estudia atentamente la figura correspondiente al equipo en cuestión, fijándose en las partes de que está constituido. A continuación, con los accesorios necesarios se monta el aparato. Después se comprueba si corresponde con la explicación dada en la figura que sirvió de modelo y si sus conexiones están correctas.

Después de montado el equipo este debe ser revisado por su profesor.

MEDIDAS GENERALES DE PRECAUCIÓN

Con las sustancias

- a) No pruebe nunca un producto químico o una disolución.
- b) Si se derrama un reactivo o mezcla límpielo inmediatamente.
- c) Al calentar en un tubo de ensayos el contenido puede proyectarse al exterior, por lo que el extremo abierto debe dirigirlo hacia una parte que no pueda dañarlo a usted o a otra persona.
- d) No inhale los vapores de ninguna sustancia si puede evitarse. Si es necesario que huelga algún vapor no lo inhale directamente del recipiente, use su mano para dirigir los vapores hacia su nariz, moviéndola de atrás hacia adelante y a poca distancia del recipiente, como muestra la figura 1.



Fig. 1

- e) Para preparar una disolución acuosa diluida de un ácido, vierta siempre el ácido concentrado sobre el agua, nunca vierta agua sobre el ácido.
- f) Conozca dónde se encuentra en el laboratorio el surtidor de agua para lavados, para utilizar en caso necesario.
- g) Los agentes oxidantes fuertes y los productos fácilmente oxidables (agentes reductores) deben mezclarse con gran cuidado y en cantidades pequeñas.
- h) No añada ácido nítrico a un recipiente que contenga alcohol o cualquier otro producto fácilmente oxidable.

- i) Los ácidos concentrados son sustancias corrosivas, nunca deje que se pongan en contacto con la piel, además son irritantes.
- j) Los hidróxidos de sodio y potasio concentrado producen quemaduras; evite el contacto de estos con la piel.
- k) Si en la manipulación de ácidos, bases u otras sustancias, estas se derraman sobre sus ropas o sus manos, no se sacuda, las salpicaduras pueden ser proyectadas sobre los compañeros. Con serenidad y rapidez lave estas con abundante agua y avise al profesor.
- l) Cerciórese siempre de que el recipiente que va a emplear esté en buen estado.
- m) Antes de usar el contenido de un recipiente lea la etiqueta dos veces, así evitará confusiones.
- n) Para verter correctamente un líquido y evitar que este le caiga en las manos, viértalo como se muestra en la figura 2.
- o) No sostenga por la boca los recipientes que contienen líquidos, pueden estar mojados de este.
- p) Las operaciones de verter líquido deben realizarse sobre su puesto de trabajo, para evitar que este pueda caer en el suelo o sobre parte de su cuerpo.
- q) Si le cae en los ojos salpicaduras de un ácido o una disolución alcalina lave inmediatamente con abundante agua abriendo bien los párpados y avise sin pérdida de tiempo al profesor. No frote los ojos para evitar que las disoluciones le irriten la mucosa. Las medidas ulteriores serán tomadas por el profesor.

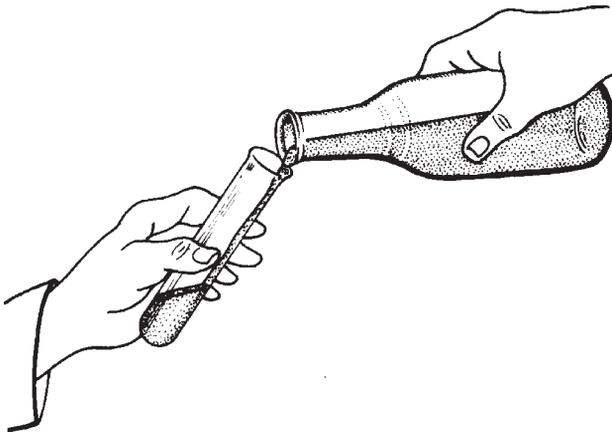


Fig. 2

- r) En caso de derramarse un ácido o disolución alcalina sobre su puesto de trabajo debe limpiarla en el momento. Para esto debe secar el líquido con un papel (que después se debe botar en el lugar destinado a este efecto) a continuación la mesa debe limpiarse con disolución de hidrogenocarbonato de sodio al 3 %, con el fin de neutralizar en caso de derramarse un ácido; y con una disolución de ácido acético al 2 % si es básica la disolución derramada. Después se limpia la mesa con un paño y agua.

Con los útiles

- a) Preste atención al trabajar con equipos de vidrio, como tubos, termómetros, etc. El vidrio es frágil y se rompe fácilmente, accidente que produce lesiones con frecuencia.
- b) Evite tocar objetos calientes, y tener su ropa y cabeza cerca de la llama.
- c) Si se dispone de gafas de seguridad, utilícelas siempre en el trabajo de laboratorio.
- d) Solamente se pueden calentar las sustancias contenidas en recipientes de vidrio resistentes al calor, tales como tubos de ensayos, vasos de precipitado, balones, erlenmeyer, etc., y en recipientes de porcelana, tales como crisoles y cápsulas de porcelana. Los recipientes de vidrio no resistentes al calor, los plásticos y otros no deben calentarse.
- e) Cuando deba calentar una sustancia en recipiente de vidrio resistente al calor o de porcelana, procure que la parte exterior esté siempre seca; las gotas de agua son la causa de que el recipiente no se caliente uniformemente y se rompa.
- f) No caliente en probetas, matraces aforados o equipos destinados a mediciones, esto puede dañarlos y en ocasiones producir roturas que pueden ser causas de accidentes, como se muestra en la figura 3.

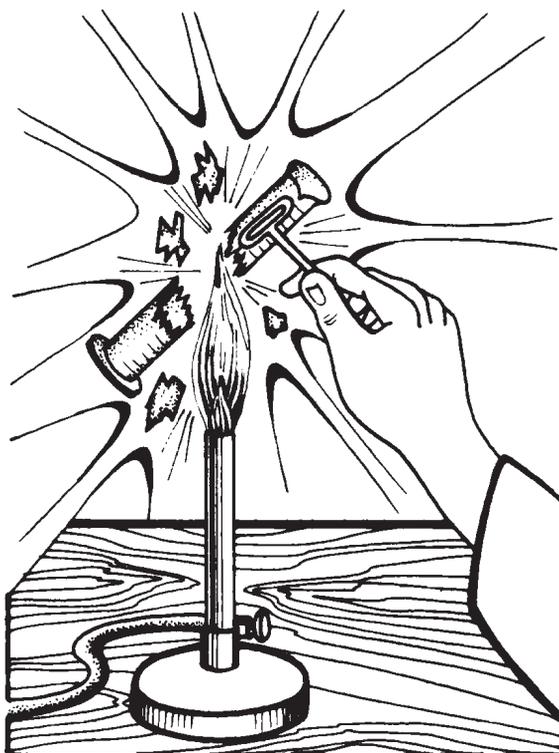


Fig. 3

- g) La operación de calentar se debe empezar flameando el recipiente, principalmente en la parte que está en contacto con la sustancia que contiene; posteriormente se puede intensificar el calentamiento en caso necesario.
- h) Al calentar sólidos y líquidos en tubos de ensayos, debe mantenerlos en posición inclinada, para aumentar la superficie de evaporación y lograr una ebullición más uniforme; así como que la boca del tubo de ensayos no esté dirigida hacia alguna persona, para evitar accidentes en caso de proyecciones del contenido como se muestra en la figura 4.

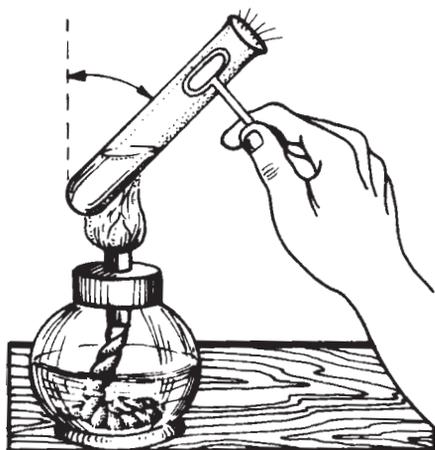


Fig. 4

- i) No vierta líquidos fríos en recipientes calientes, pues el cambio brusco de temperatura puede provocar que se rompa.
- j) No coloque los recipientes calientes directamente sobre su puesto de trabajo, pues puede romperse el recipiente o estropear su puesto de trabajo; utilice siempre una rejilla amiantada, una lámina de amianto u otro aislante.
- k) Al montar un equipo debe tenerse en cuenta algunas normas generales de manipulación:
- 1) Los extremos de los tubos de vidrio que se utilizan no deben tener filos, pues estos pueden herirlo o dañar las conexiones de goma, por lo que deben ser rebordeados convenientemente a la llama.
 - 2) Los tapones de goma o corcho deben introducirse en la boca de los tubos de ensayos, balones y demás, con ligera presión mientras se rotan, y ajustarse aproximadamente hasta la mitad de su altura. Para esta operación el equipo no debe estar apoyado sobre el puesto de trabajo, pinzas u otro accesorio, sino que debe sostenerse con la mano libremente.
 - 3) Los tapones que entran con demasiada facilidad y los que solo se consiguen introducir con esfuerzo, no son adecuados; los primeros no ofrecen la hermeticidad deseada y son difíciles de extraer, y los segundos pueden romper la boca del recipiente que se use, lo que hace difícil en general su manipulación.
 - 4) Los tubos de vidrio deben ajustarse en las perforaciones de los tapones, para esto deben entrar con una ligera presión, a la vez que se rotan deben sujetarse mediante un paño, para evitar el peligro de cortaduras en caso de roturas. Por esta razón, no se deben introducir los tubos de

diámetros que requieran un gran esfuerzo, dado que ofrecen un mayor peligro de rotura como se muestra en la figura 5. Para introducirlo debe humedecerse con agua el extremo que se introduce y sujetarlo lo más cerca posible de este.

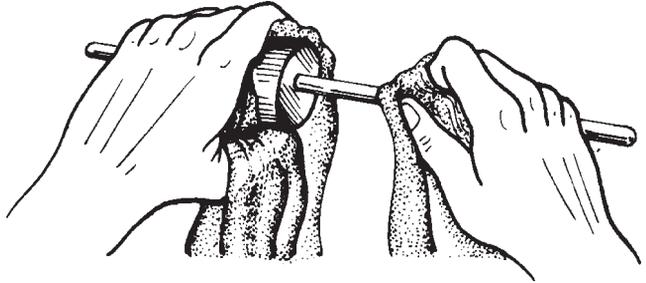


Fig. 5

- 5) Al trabajar con un quemador de gas cuide que esté cerrada (al iniciar su trabajo) la entrada de gas, una vez cerciorado de esto, enciéndalo con la entrada de aire cerrada y posteriormente regule esta hasta alcanzar la llama deseada.
- 6) Al usar un mechero de alcohol debe encenderlo con un fósforo, astilla de madera encendida o equivalente, pero nunca con otro mechero, esto puede provocar un accidente; una vez encendido no se le debe echar alcohol al mechero. En caso de que se vuelque, se rompa o se derrame el alcohol cúbralo con un paño.
Para apagar el mechero acerque la tapa de lado y colóquela sobre la llama, hasta cerrar la entrada de aire. No sople para apagar la llama.

EXPERIMENTOS DE CLASE

1. Propiedades generales de los compuestos orgánicos

Tarea

Describe las sustancias orgánicas teniendo en cuenta algunas de sus propiedades físicas.

Consideraciones previas

1. ¿Qué propiedades diferencian a las sustancias orgánicas de las inorgánicas?
2. ¿Qué factor determina la mayor solubilidad de las sustancias inorgánicas en agua?
3. Defina los conceptos combustibilidad y fusibilidad.

Útiles y reactivos

Tubo de ensayos resistentes al calor (12 × 100 mm)	2
Tubo de ensayos (12 × 100 mm)	5
Quemador de gas o mechero de alcohol	1
Gradilla para tubos de ensayos	1
Cucharilla espátula	1
Agitador	1
Probeta graduada (10 mL)	1
Placa de 12 excavaciones para las pruebas de combustibilidad	1
Tetracloruro de carbono	10 mL
Benceno	3 mL
Etanol	3 mL
Parafina	1 g
Manteca	1 g
Celulosa (papel de filtro)	1
Agua destilada	10 mL

Procedimiento

1. Observe cada una de las muestras de sustancias dadas y descríbalas, teniendo en cuenta sus propiedades.
2. Compruebe la solubilidad de estas sustancias en agua y en tetracloruro de carbono.
3. Compruebe la combustibilidad y la fusibilidad de las sustancias.

Valoración

1. Complete en su libreta la tabla 1.

Tabla 1

Propiedades generales de los compuestos orgánicos

Nombre	Solubilidad		Combustibilidad	Fusibilidad	Color	Olor
	H ₂ O	CCl ₄				
Benceno						
Parafina						
Etanol						
Manteca						
Celulosa						

2. ¿A qué conclusiones usted puede llegar acerca de las propiedades de los compuestos orgánicos?

2. Combustión del etanol

Tarea

Compruebe la combustibilidad de los alcoholes.

Consideraciones previa

1. ¿Qué tipo de reacción ocurre cuando un alcohol arde con llama luminosa en presencia de dióxígeno, desprendiendo energía en forma de calor?
2. Represente la reacción anterior teniendo en cuenta que el alcohol es etanol.

Útiles y reactivos

Soporte de hierro	1
Anilla metálica fija	1
Cápsula de porcelana de 5 cm de diámetro	1
Quemador de gas o mechero de alcohol	1
Etanol	2 mL

Procedimiento

1. Coloque la anilla en el soporte de hierro y coloque sobre esta, la cápsula de porcelana.
2. Añada 2 mL de etanol.
3. Encienda el quemador y acerque la llama a la cápsula primero con cuidado y después acérquela a la superficie de la cápsula.

Valoración

1. ¿Qué color presenta la llama del alcohol al arder en presencia de dióxígeno del aire?
2. ¿Qué diferencia existe en relación con la combustibilidad de un hidrocarburo y un alcohol?
¿Cómo es la llama que estos producen?

3. Oxidación de alcoholes con mezcla crómica

Tarea

Compruebe si los alcoholes reaccionan con oxidantes fuertes reduciéndolos.

Consideraciones previas

1. Determine el número de oxidación del cromo en el $K_2Cr_2O_7$.
2. ¿Qué color presenta una disolución de dicromato de potasio?

Útiles y reactivos

Tubos de ensayos de 20 × 150 mm	3
Gradilla para tubo de ensayos	1
Probeta graduada de 10 mL	1
Gotero	1
Alcohol 1-butanol	3 mL
Alcohol 2-butanol	3 mL
Alcohol metil 2-propanol	3 mL
Mezcla crómica	3 mL

Procedimiento

- a) Coloque tres tubos de ensayos en la gradilla y vierta, respectivamente, 3 mL de alcohol 1-butanol, 2-butanol y metil-2-propanol.
- b) Añada al contenido del primer tubo de ensayos, con cuidado y gota a gota, 1 mL de mezcla crómica, agite y observe si se produce alguna elevación de temperatura o cambio de color.
- c) Repita el paso b) con el alcohol 2-butanol y el metil-2-propanol.

Valoración

1. ¿En cuáles de los tubos de ensayos se produjeron reacciones químicas?
2. ¿Qué manifestaciones evidenciaron la ocurrencia de estas reacciones?
3. Al reaccionar los alcoholes primario y secundario con una disolución de dicromato de potasio de color naranja, se observa la aparición de un color verde característico del cromo(III). ¿A qué se debe esto?

4. Reconocimiento del metanal por oxidación con los reactivos de Tollens y Fehling

Tarea

Compruebe la oxidación del metanal con el reactivo de Tollens y con el reactivo de Fehling.

Consideraciones previas

1. ¿Qué es el reactivo de Tollens? ¿Qué reacción ocurre entre el reactivo de Tollens y el metanal?
2. ¿Qué es el reactivo de Fehling? ¿Qué reacción ocurre entre el reactivo de Fehling y el metanal?

Útiles y reactivos

Soprote de hierro	1
Rejilla amiantada	1

Vaso de precipitados de 250 mL	1
Tubo de ensayos de 20 × 100 mm resistentes al calor	2
Probeta graduada de 10 mL	1
Pinza para tubo de ensayos	1
Quemador de gas	1
Gradilla para tubos de ensayos	1
Termómetro	1
Metanal	2 mL
Reactivo de Fehling	1 mL
Reactivo de Tollens	2 mL

Procedimiento

1. Coloque en un tubo de ensayos 1 mL de metanal y añádale 1 mL del reactivo de Fehling. Tome el tubo de ensayos con la pinza y caliente hasta ebullición durante 2 o 3 min. Observe y anote el resultado.
2. En un tubo de ensayos bien limpio vierta 2 mL del reactivo de Tollens y añádale 1 mL de metanal. Tome el tubo de ensayos con la pinza y caliente en baño de María hasta 80 °C y sin agitar. Observe y anote el resultado.

Valoración

1. ¿Por qué estas reacciones no se ensayan con las cetonas?
5. Estudio experimental de las propiedades químicas más significativas de los ácidos monocarboxílicos

Tarea

Compruebe las reacciones del grupo carboxilo con metales activos y carbonatos.

Consideraciones previas

1. Analice las estructuras electrónicas de los grupos carboxilo de los ácidos acético y benzoico.
2. ¿Cómo usted puede comprobar la presencia de CO₂ en un experimento?

Útiles y reactivos

Tubo de ensayos de 12 × 100 mm	1
Gradilla para tubo de ensayos	1
Probeta graduada de 10 mL	1
Mechero de alcohol	1
Ácido acético glacial	3 mL
Ácido benzoico	3 mL
Cinc (polvo o granallas)	0,5 g
Carbonato de sodio concentrado	3 mL

Procedimiento

- a) Vierta en un tubo de ensayos 3 mL de ácido acético glacial y en otro 3 mL de disolución de ácido benzoico.

- b) Añada a cada uno de los tubos cinc en granallas o en polvo, observe y anote los resultados. Si es necesario caliente para activar la reacción.
- c) En cada uno de los tubos de ensayos vierta 3 mL de disolución concentrada de carbonato de sodio, añada al primer tubo 1 mL de ácido acético y al segundo 1 mL de ácido benzoico. Observe y anote.

Valoración

1. Escriba las ecuaciones de las reacciones realizadas.
2. Si en el frasco del procedimiento en lugar de carbonato de sodio, se utiliza hidróxido de sodio; ¿se obtendrán los mismos resultados finales? Justifique utilizando ecuaciones.

6. Obtención de ácido acético y del ácido benzoico a partir de sus sales

Tarea

Compruebe que los ácidos se obtienen a partir de sus sales.

Consideraciones previas

1. Repase el concepto fijeza de los ácidos.
2. Repase en el texto las propiedades físicas de los ácidos.

Útiles y reactivos

Tubos de ensayos de 12 × 100 mm	3
Gradilla para tubos de ensayos	1
Probeta graduada de 10 mL	1
Vaso de precipitados de 25 mL	1
Mechero de alcohol	1
Acetato de calcio	2 g
Ácido sulfúrico concentrado	4 mL
Benzoato de sodio	5 g
Ácido clorhídrico concentrado	10 mL
Agua destilada	cs*
Papel de tornasol azul	1 tira

Procedimiento

- a) Coloque en un tubo de ensayos 2 g de acetato de calcio, y añada 4 mL de ácido sulfúrico concentrado; coloque el papel de tornasol cerca de la boca del tubo de ensayos y caliente el tubo ligeramente. Observe y anote los resultados.
- b) Coloque 5 g de benzoato de sodio en un vaso de precipitados de 25 mL, añada agua hasta que se disuelva, luego agregue 10 mL de disolución de ácido clorhídrico concentrado. Observe y anote los resultados.

* Cantidad suficiente.

Valoración

1. Escriba las ecuaciones de las reacciones señaladas en el procedimiento.
2. Compare los procedimientos de obtención en la técnica y explique por qué el papel azul se utiliza en un caso y en el otro no.

7. Obtención de acetato de etilo

Tarea

Compruebe que los ácidos se esterifican con los alcoholes.

Consideraciones previas

Investigue cómo se puede comprobar la presencia de acetato de etilo en una reacción de esterificación.

Útiles y reactivos

Tubo de ensayos de 20 × 150 mm resistente al calor	1
Pinza para tubo de ensayos	1
Quemador tipo Bunsen	1
Gradilla para tubos de ensayos	1
Probeta graduada de 10 mL	2
Etanol	2mL
Ácido acético	2mL
Ácido sulfúrico concentrado (H ₂ SO ₄)	1mL
Agua destilada	3mL

Procedimiento

- a) Vierta en un tubo de ensayos 2 mL de etanol y añádale 2 mL de ácido acético.
- b) Añada con cuidado y agitando el contenido del tubo de ensayos 1 mL de ácido concentrado.
- c) Tome el tubo de ensayos con la pinza y caliéntelo suavemente.
- d) Una vez que se ha enfriado el tubo de ensayos, añada 3 mL de agua destilada. El acetato de etilo formado, que es muy poco soluble en agua y menos denso que esta, se encuentra en la capa superior y se reconoce por su olor agradable.

Valoración

1. Escriba las ecuaciones para la obtención del éster acetato de metilo.
2. ¿Cree usted que sustituyendo el alcohol etílico en este experimento se pueda obtener acetato de metilo? Explique.

8. Propiedades de la glucosa

Tarea

Compruebe las propiedades físicas de la glucosa.

Consideraciones previas

Investigue por qué los compuestos que poseen varios grupos hidroxilo son solubles en disolventes polares.

Útiles y reactivos

Tubo de ensayos de 12 × 100 mm	2
Gradilla para tubo de ensayos	1
Probeta graduada de 10 mL	1
Cucharilla-espátula	1
Glucosa	1 g
Etanol	3 mL
Agua destilada	3 mL

Procedimiento

Determine experimentalmente en la glucosa las propiedades siguientes:

- Estado de agregación.
- Olor.
- Solubilidad en agua.
- Solubilidad en alcohol.
- Color.
- Sabor.

Valoración

Haga una tabla en la que se recojan las propiedades estudiadas. Si usted sustituye el alcohol por gasolina, ¿qué debe ocurrir con la solubilidad? ¿Por qué?

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

1. Determinación cualitativa de carbono, hidrógeno, cloro y nitrógeno en sustancias orgánicas

Tarea

Determine cualitativamente la presencia de carbono, hidrógeno, cloro y nitrógeno en las sustancias orgánicas dadas.

Consideraciones previas

1. Para determinar los elementos mencionados en las sustancias orgánicas, la muestra debe estar seca. ¿Por qué?
2. ¿Qué color toma el cobre cuando se pone a la llama?
3. ¿Qué color toma el tornasol en medio básico?
4. Busque la composición de la cal sodada.

Útiles y reactivos

Tubo de ensayos resistente al calor de 20 × 150 mm	2
Tapón de goma monohoradado, para tubo de ensayos	1
Tubo de vidrio fusible recto	1
Quemador de gas	1
Soporte de hierro	1
Pinza de extensión	1
Vaso de precipitados de 100 mL	1
Tramo de goma	1
Pinza para tubos de ensayos	1
Alambre de cobre	10 cm
Óxido de cobre(II) (en polvo)	2 g
Sulfato de cobre(II) anhidro	1 g
Hidróxido de calcio saturado	20 mL
Cloroformo (por grupo de 40 alumnos)	50 mL
Clara de huevo desecada	1 g
Cal sodada	10 g
Papel de tornasol rojo	1 tira

Procedimiento

Parte I. Determinación cualitativa de carbono e hidrógeno.

1. Monte un aparato como el que se muestra en la figura 1.

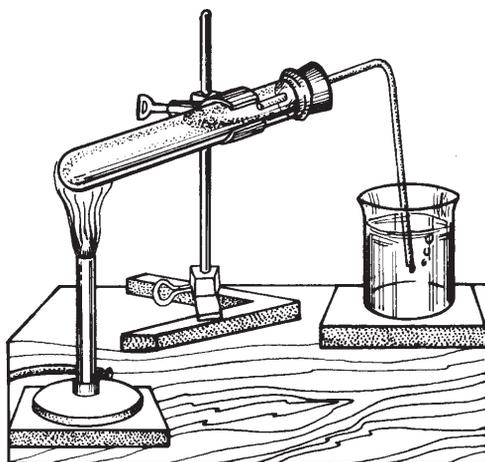


Fig. 1 Determinación cualitativa de carbono e hidrógeno en los compuestos orgánicos

2. Coloque 2 g de óxido de cobre(II) en un tubo de ensayos y caliéntelo, flameando para eliminar la humedad, pues es necesario que este reactivo esté seco. Espere que el tubo se enfríe y agregue 0,5 g de la muestra que se investiga (puede ser parafina). Si utiliza otra sustancia orgánica líquida, debe embeber el óxido de cobre(II).
3. Añada en el extremo superior del tubo de ensayos que contiene el óxido de cobre(II), una pequeña cantidad de sulfato de cobre(II) anhidro. Tape el tubo de ensayos de tal modo, que el polvo de sulfato de cobre(II) quede cerca del tapón.
4. Caliente suavemente el tubo de ensayos. ¿Qué observa en las paredes del tubo y en el vaso de precipitados? ¿Qué cambios ocurren en el sulfato de cobre(II) y en el agua de cal?
5. Deje enfriar el tubo de ensayos y saque el sulfato de cobre(II) y los productos de la reacción. Observe y anote.

Parte II. Determinación cualitativa de cloro.

1. Haga una espiral con un alambre de cobre, de forma tal, que pueda sostenerse por su extremo superior. Calcínela en la llama del quemador hasta que se colorea fuertemente.
2. Moje la espiral en la sustancia líquida que se investiga (cloroformo o tetracloruro de carbono) y póngala nuevamente en la llama. Observe y anote los resultados.

Parte III. Determinación cualitativa de nitrógeno.

1. Caliente en un tubo de ensayos una mezcla de clara de huevo desecada y cal sodada.
2. Huela ligeramente el gas que se desprende.
3. Acerque a la boca del tubo de ensayos un papel de tornasol rojo previamente humedecido (fig. 2).

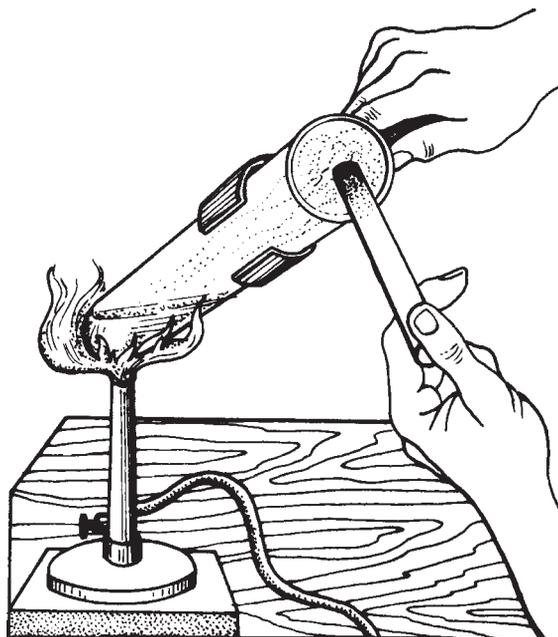


Fig. 2 Ensayo con papel de tornasol

Valoración

1. ¿En qué sustancia se transformó el óxido de cobre? ¿La sustancia orgánica se oxidó o se redujo? Explique.
2. ¿Cómo se puede comprobar cualitativamente que en los compuestos orgánicos hay carbono e hidrógeno?
3. ¿Con qué objetivos se utilizó el cloroformo o el tetracloruro de carbono en esta práctica?
4. Escriba una posible fórmula química de uno de los compuestos formados.
5. ¿Por qué cambia de color el papel de tornasol utilizado? ¿El cambio de color del indicador indica la presencia de algún elemento químico? Explique.

2. Estudio de las variaciones de las propiedades físicas en la serie homóloga de los alcanos

Tarea

Compruebe que en una serie homóloga las propiedades físicas de los compuestos varían.

Consideraciones previas

1. ¿De qué factores depende, fundamentalmente, la solubilidad de una sustancia en otra?
2. Mencione tres sustancias que se puedan utilizar como disolventes y un soluto para cada uno de esos disolventes.

Útiles reactivos

Tubo de ensayos resistente al calor de 18 × 100 mm	6
Quemador de gas	1
Gradilla para tubos de ensayos	1
Pinza para tubo de ensayos	1
Cucharilla-espátula	1
Agitador	1
Probeta graduada de 10 mL	1
Parafina	1 g
Hexano	2 mL
Octano	2 mL
Tetracloruro de carbono	2 mL
Agua destilada	2 mL

Procedimiento

1. Coloque 1 g de parafina, 2 mL de hexano y 2 mL de octano en sendos tubos de ensayos. Observe y anote el estado de agregación de las sustancias.
2. Añada 2 mL de tetracloruro de carbono a cada tubo de ensayos. Agite y observe si estos alcanos son solubles o poco solubles en ese disolvente. Anote los resultados.
3. Repita el primer paso.
4. Añada 2 mL de agua destilada a cada tubo de ensayos. Agite y observe cómo es la solubilidad de dichos alcanos en ese disolvente. Anote los resultados.

Valoración

1. ¿Qué ocurriría en el paso 4 si se sustituye el agua por benceno? Explique.
2. Busque las temperaturas de fusión de los alcanos de cadena abierta de 1 a 10 átomos de carbono, y haga una gráfica de número de átomos de carbono contra temperatura de fusión. ¿Qué conclusiones se pueden derivar de ella?

3. Obtención del bromuro de etilo a partir del etanol

Tarea

Obtenga bromoetano a partir del etanol.

Consideraciones previas

1. Para preparar un halogenuro de alquilo se debe añadir un volumen pequeño de ácido sulfúrico. ¿Por qué?
2. ¿Cuál es el orden de reactividad de los alcoholes frente a los haluros de hidrógeno (HCl, HBr, HI)?

Útiles reactivos

Soporte de hierro	1
Pinza de extensión	1
Anilla de hierro de 9 cm de diámetro con mordaza	1
Rejilla amiantada	1

Balón (100 mL)	1
Tubo de vidrio fusible acodado	1
Tubo de ensayos de 2 × 150 mm	1
Quemador de gas o mechero de alcohol	1
Tapón de goma monohoradado para el balón	1
Probeta graduada de 10 mL	8
Etanol	5 mL
Ácido sulfúrico concentrado (H ₂ SO ₄)	5 mL
Brumuro de potasio (cristales)	1,5 g

Procedimiento

1. Monte un aparato como el que se muestra en la figura 3. Ponga especial cuidado para que el tapón ajuste bien.

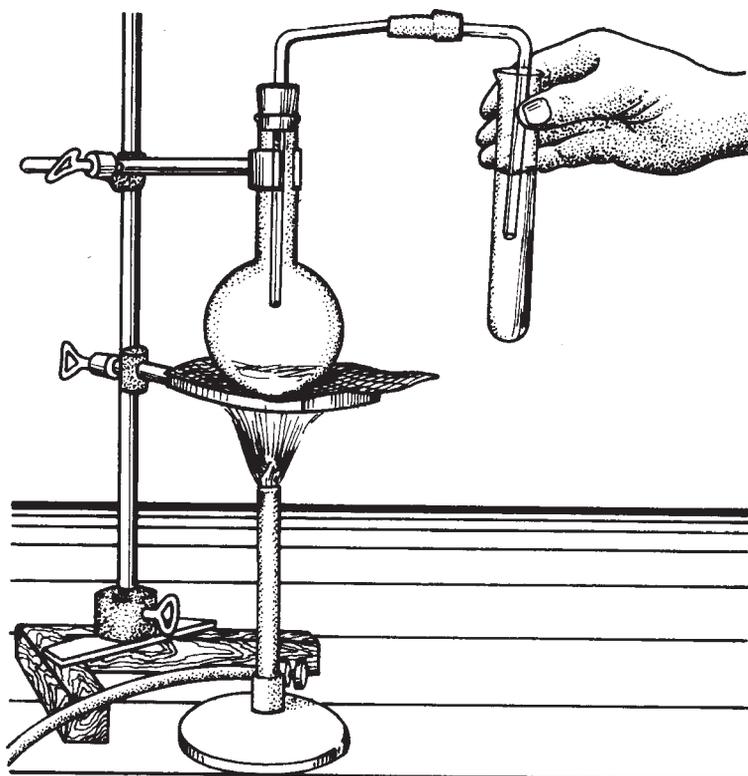


Fig. 3 Obtención del bromuro de etilo

2. Destape el balón y vierta en uno 5 mL de etanol.
3. Añada lentamente, agitando y enfriando, 5 mL de ácido sulfúrico concentrado.
4. Agregue 1,5 g de bromuro de potasio.
5. Tape el matraz con el tapón provisto del tubo de desprendimiento e introduzca el extremo de este en un tubo de ensayos que contenga agua helada.

6. Caliente suavemente con llama de oxidación pequeña el tubo que contiene la mezcla. Al cabo de cierto tiempo se observará en este tubo, el desprendimiento de los vapores de bromoetano, los cuales se condensan en forma de líquido oleaginoso en el fondo del tubo de ensayos con el agua helada.

Valoración

1. Escriba la ecuación de la reacción entre el etanol y el ácido bromhídrico.
2. ¿Cuál es la densidad del bromuro de etilo con respecto al agua?
3. ¿Qué importancia tiene en esta reacción que el agua del tubo colector esté helada?

1. TABLA DE MASAS ATÓMICAS RELATIVAS DE LOS ELEMENTOS

Elementos químicos, sus símbolos, números atómicos (Z) y masas atómicas relativas (A_r)*

<i>Nombre</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Z</i>	<i>A_r</i>
Actinio	Ac	89	(227)
Aluminio	Al	13	26,98
Americio	Am	95	(243)
Antimonio	Sb	51	121,75
Argón	Ar	18	39,948
Arsénico	As	33	74,921 6
Astato	At	85	(210)
Azufre	S	16	32,064
Bario	Ba	56	137,34
Berilio	Be	4	9,012 2
Berkelio	Bk	97	(247)
Bismuto	Bi	83	208,980
Boro	B	5	10,811
Bromo	Br	35	79,909
Cadmio	Cd	48	112,40
Calcio	Ca	20	40,08
Californio	Cf	98	(249)
Carbono	C	6	12,011

* Los números entre paréntesis son las masas atómicas relativas de los isótopos más estables. En la resolución de los ejercicios se utilizan valores aproximados de las masas atómicas.

<i>Nombre</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Z</i>	<i>A_r</i>
Cerio	Ce	58	140,12
Cesio	Cs	55	132,905
Cinc	Zn	30	65,37
Circonio	Zr	40	91,22
Cloro	Cl	17	35,453
Cobalto	Co	27	58,933 2
Cobre	Cu	29	63,546
Criptón	Kr	36	83,80
Cromo	Cr	24	51,996
Curio	Cm	96	(247)
Disprosio	Dy	66	162,50
Einstenio	Es	99	(254)
Erbio	Er	68	167,26
Escandio	Sc	21	44,956
Estaño	Sn	50	118,69
Estroncio	Sr	38	87,62
Europio	Eu	63	151,96
Fermio	Fm	100	(253)
Flúor	F	9	18,998 4
Fósforo	P	15	30,978 3
Francio	Fr	87	(223)
Gadolinio	Gd	64	157,25
Galio	Ga	31	69,72
Germanio	Ge	32	72,59
Hafnio	Hf	72	178,49
Helio	He	2	4,002 6
Hidrógeno	H	1	1,007 97
Hierro	Fe	26	55,847
Holmio	Ho	67	164,930
Indio	In	49	114,82
Iodo	I	53	126,904 4
Iridio	Ir	77	192,2

<i>Nombre</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Z</i>	<i>A_r</i>
Iterbio	Yb	70	173,04
Lantano	La	57	138,91
Lawrencio	Lw	103	(257)
Litio	Li	3	6,939
Lutecio	Lu	71	174,97
Magnesio	Mg	12	24,312
Manganeso	Mn	25	54,938 0
Mendelevio	Md	101	(256)
Mercurio	Hg	80	200,59
Molibdeno	Mo	42	95,94
Neodimio	Nd	60	144,24
Neón	Ne	10	20,183
Neptunio	Np	93	(237,048)
Niobio	Nb	41	92,906
Níquel	Ni	28	58,71
Nitrógeno	N	7	14,006 7
Nobelio	No	102	(256)
Oro	Au	79	196,967
Osmio	Os	76	190,2
Oxígeno	O	8	15,999 4
Paladio	Pd	46	106,4
Plata	Ag	47	107,870
Platino	Pt	78	195,09
Plomo	Pb	82	207,19
Plutonio	Pu	94	(242)
Polonio	Po	84	(210)
Potasio	K	19	39,098
Praseodimio	Pr	59	140,907
Prometio	Pm	61	(147)
Protactinio	Pa	91	(231,036)
Radio	Ra	88	(226,05)
Radón	Rn	86	(222)

<i>Nombre</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Z</i>	<i>A_r</i>
Renio	Re	75	186,2
Rodio	Rh	45	102,905
Rubidio	Rb	37	85,47
Rutenio	Ru	44	101,07
Samario	Sm	62	150,35
Selenio	Se	34	78,96
Silicio	Si	14	28,086
Sodio	Na	11	22,989 8
Talio	Tl	81	204,37
Tantalio	Ta	73	180,948
Tecnecio	Tc	43	(99)
Telurio	Te	52	127,60
Terbio	Tb	65	158,924
Titanio	Ti	22	47,90
Torio	Th	90	232,038
Tulio	Tm	69	168,934
Uranio	U	92	238,03
Vanadio	V	23	50,942
Wolframio	W	74	183,85
Xenón	Xe	54	131,30
Ytrio	Y	39	88,905

2. TABLA DE MASAS MOLARES DE ALGUNAS SUSTANCIAS*

(g · mol ⁻¹)					
<i>X</i>	<i>M(X)</i>	<i>X</i>	<i>M(X)</i>	<i>X</i>	<i>M(X)</i>
Sustancias simples					
Al	27	Cr ₂ O ₃	152	Ácidos	–
Ba	137	CrO ₃	100	HCl	36,5
Br ₂	160	NO	30	HBr	81
Ca	40	NO ₂	46	HI	128
C	12	N ₂ O ₃	76	H ₂ S	34
Co	59	N ₂ O ₅	108	HNO ₂	47
Zn	65	FeO	72	HNO ₃	63
Cu	64	Fe ₂ O ₃	160	H ₂ SO ₃	82
Cr	52	MgO	40	H ₂ SO ₄	98
Cl ₂	71	MnO ₂	87	H ₃ PO ₄	98
H ₂	2	NiO	75	Salas	
O ₂	32	Ni ₂ O ₃	166	AlCl ₃	133
O ₃	48	PbO	223	BaCl ₂	208
I ₂	254	PbO ₂	239	Ba(NO ₃) ₂	261
F ₂	38	SO ₂	64	BaSO ₄	233
N ₂	28	SO ₃	80	BaS	169
Fe	56	K ₂ O	94	BaCO ₃	197
Mg	24	Ag ₂ O	232	CaC ₂	64
Mn	55	SiO ₂	50	CaCl ₂	111
Ni	59	Na ₂ O	62	Ca(NO ₃) ₂	164
S ₈	256	P ₂ O ₃	110	CaSO ₄	136
Pb	207	Li ₂ O	30	Ca ₃ (PO ₄) ₂	310
K	39	P ₂ O ₅	142	CoS	91
Ag	108	H ₂ O	18	CoCl ₂	130
Si	28	H ₂ O ₂	34	CoSO ₄	155
Na	23	Hidróxidos		ZnS	97
P ₄	124	Al(OH) ₃	78	ZnCl ₂	136
Li	7	Ba(OH) ₂	171	ZnSO ₄	161
Óxidos		Ca(OH) ₂	74	ZnCO ₃	125
Al ₂ O ₃	102	Zn(OH) ₂	99	CuCl ₂	135
BaO	153	Cu(OH) ₂	98	Cu(NO ₃) ₂	188
CaO	56	Cr(OH) ₃	103	FeCl ₂	127
CO	28	Fe(OH) ₂	90	FeCl ₃	162
CO ₂	44	Fe(OH) ₃	107	FeSO ₄	152
CoO	75	Mg(OH) ₂	58	MgCl ₂	95
Co ₂ O	166	Ni(OH) ₂	93	NiCl ₂	130
ZnO	81	Ni(OH) ₃	110	NiSO ₄	155
Cu ₂ O	144	KOH	56	PbS	239
CuO	80	NaOH	40	Pb(NO ₃) ₂	331

*Los valores de las masas molares son aproximados para facilitar los cálculos.

$(\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})$

X	$M(X)$	X	$M(X)$	X	$M(X)$
PbSO ₄	303	C ₂ H ₄	28		
KCl	75	C ₃ H ₆	42		
KB _r	119	C ₄ H ₈	56		
KI	166	C ₂ H ₂	26		
KNO ₃	101	C ₃ H ₄	40		
K ₂ SO ₄	174	Alcoholes			
KMnO ₄	158	CH ₃ OH	32		
K ₂ CrO ₄	194	C ₂ H ₅ OH	46		
K ₂ Cr ₂ O ₇	294	C ₃ H ₇ OH	60		
KClO ₃	123	C ₄ H ₉ OH	74		
AgCl	143	Aldehídos			
AgBr	188	HCHO	30		
AgNO ₃	170	CH ₃ -CHO	44		
NaCl	58,5	C ₂ H ₅ -CHO	58		
NaBr	103	C ₃ H ₇ -CHO	74		
NaI	150				
NaNO ₃	85	Cetonas			
Na ₂ SO ₄	142	C ₃ H ₆ O	58		
NaHCO ₂	84	C ₄ H ₈ O	72		
NH ₄ Cl	53,5	C ₅ H ₁₀ O	86		
FeS	88	Ácidos orgánicos			
Fe ₂ (SO ₄) ₃	400	HCO ₂ H	46		
MgSO ₄	120	CH ₃ CO ₂ H	60		
NiS	91	C ₂ H ₅ CO ₂ H	74		
NH ₃	17	C ₃ H ₇ CO ₂ H	88		
Hidrocarburos		Aminas			
CH ₄	16	CH ₃ -NH ₂	31		
C ₂ H ₆	30	C ₂ H ₅ -NH ₂	45		
C ₃ H ₈	44	C ₃ H ₇ -NH ₂	59		
C ₄ H ₁₀	58	C ₄ H ₉ -NH ₂	72		



La presente obra ha sido elaborada según el programa de estudios de Química 12mo. Consta de siete capítulos, donde en cada epígrafe se exponen ejercicios que el alumno debe resolver para comprobar los conocimientos adquiridos y al final de cada capítulo se plantea un *resumen de ejercicios* que contribuye al desarrollo de las habilidades científicas en el estudiante.

Las Orientaciones generales para el trabajo en el laboratorio, complementan el contenido a conocer por el alumno sobre seguridad personal y colectiva, cuidado de las sustancias y equipos; así como, la correcta manipulación de los materiales con que va a trabajar. Además, posee un Apéndice compuesto de dos tablas: masas atómicas relativas de los elementos y masas molares de algunas sustancias.

