

TEMA 11

QUÍMICA ORGÁNICA



1

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

Contenidos:

1. Clases de compuestos orgánicos.
2. Hidrocarburos alifáticos.
3. Hidrocarburos aromáticos.
4. Química de los grupos funcionales.

2

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

Bibliografía:

Libros de Teoría y Problemas

- Chang R. Química. McGraw Hill. México, 2010. (Cap. 24)
- Petrucci R. H., Harwood W.S. Química General. Prentice Hall. Madrid, 2003. (Capítulo 3)
- Reboiras M.D. Química. La Ciencia Básica. Thomson. Madrid, 2005.

Libros de Problemas Resueltos

- Fernández M.R., Fidalgo J.A. 1000 Problemas de Química General. Everest. León, 1996.
- Reboiras M.D. Problemas Resueltos de Química. La Ciencia Básica. Thomson. Madrid, 2007.

3

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

Webs de Interés

1- Chang 8^a edición:

http://higher.ed.mcgraw-hill.com/sites/0072512644/student_view0/

2- Química. La ciencia central. 7^a edición:

http://cwx.prenhall.com/bookbind/pubbooks/blb_la/

3- Apuntes de orgánica y ejercicios de formulación

<http://blogs.kalipedia.com/blogfiles/blogisabeldp93/1BACformulacionorganica.pdf>

4- Ejercicios de formulación

<http://iesteror.files.wordpress.com/2010/03/formulacion-organica-ejercicios-con-solucion.pdf>

4

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

1. Clases de Compuestos Orgánicos

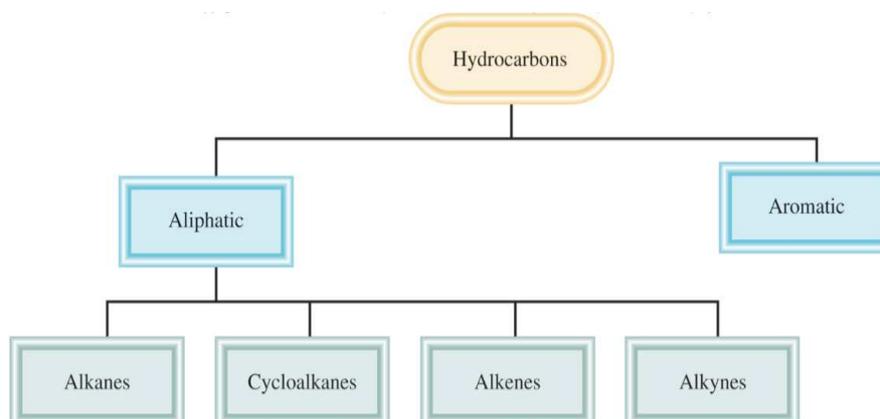
1. La Química Orgánica estudia los compuestos del carbono.
2. En la actualidad se conocen más de 20 millones de compuestos orgánicos sintéticos y naturales.
3. Hay muchos más compuestos orgánicos que inorgánicos (unos 100.000).
4. El carbono puede constituir más compuestos que ningún otro elemento, porque los átomos de carbono pueden formar enlaces C-C sencillos, dobles o triples
5. Se pueden unir formando **cadena**s o **estructuras cíclicas**.
6. La rama de la Química que estudia los compuestos del carbono es la **Química Orgánica**.

5

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

1. Clases de Compuestos Orgánicos

Clasificación de los Compuestos Orgánicos:



6

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos

Alcanos:

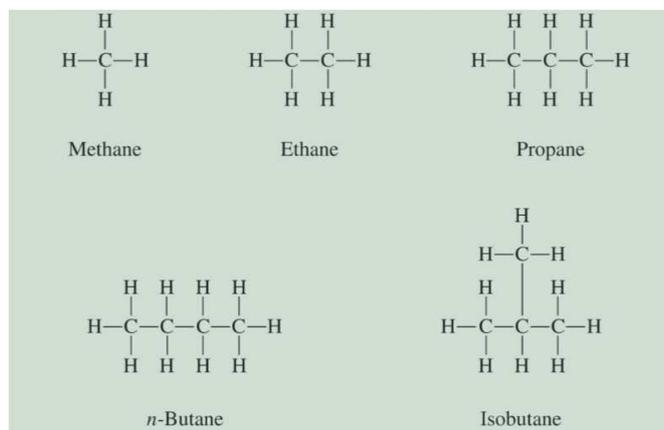
- Fórmula general C_nH_{2n+2}
- n puede valer 1 (met-), 2 (et-), 3 (prop-), 4 (but-), ...
- Se conocen como **hidrocarburos saturados** porque contienen el número máximo de átomos de hidrógeno que pueden unirse con la cantidad de átomos de carbono presentes.

7

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alcanos

Fórmula general C_nH_{2n+2}



8

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alcanos

Fórmula general C_nH_{2n+2}

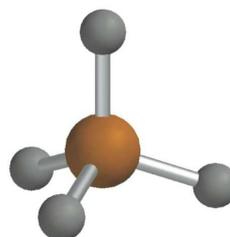
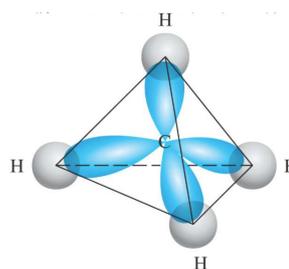
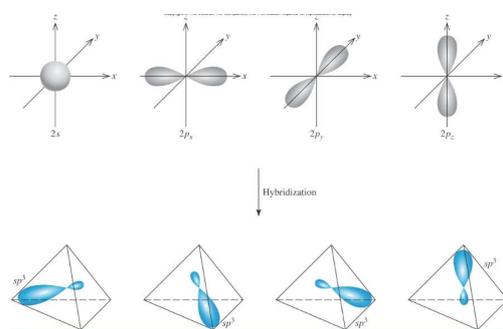
Name of Hydrocarbon	Molecular Formula	Number of Carbon Atoms	Melting Point (°C)	Boiling Point (°C)
Methane	CH ₄	1	-182.5	-161.6
Ethane	CH ₃ -CH ₃	2	-183.3	-88.6
Propane	CH ₃ -CH ₂ -CH ₃	3	-189.7	-42.1
Butane	CH ₃ -(CH ₂) ₂ -CH ₃	4	-138.3	-0.5
Pentane	CH ₃ -(CH ₂) ₃ -CH ₃	5	-129.8	36.1
Hexane	CH ₃ -(CH ₂) ₄ -CH ₃	6	-95.3	68.7
Heptane	CH ₃ -(CH ₂) ₅ -CH ₃	7	-90.6	98.4
Octane	CH ₃ -(CH ₂) ₆ -CH ₃	8	-56.8	125.7
Nonane	CH ₃ -(CH ₂) ₇ -CH ₃	9	-53.5	150.8
Decane	CH ₃ -(CH ₂) ₈ -CH ₃	10	-29.7	174.0

9

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alcanos

El esquema del enlace en el **Metano** es:



10

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alcanos

- Las fórmulas del etano y del propano son únicas, dado que sólo hay una forma de unir los átomos de carbono en estas moléculas.
- Sin embargo, el butano tiene dos posibles esquemas de enlace. Se dice que tiene isómeros estructurales: el n-butano y el isobutano.
- Isómeros Estructurales:** *Moléculas que tienen la misma fórmula molecular, pero diferente estructura.*
- Al aumentar en número de átomos de carbono se incrementa rápidamente el número de isómeros estructurales.

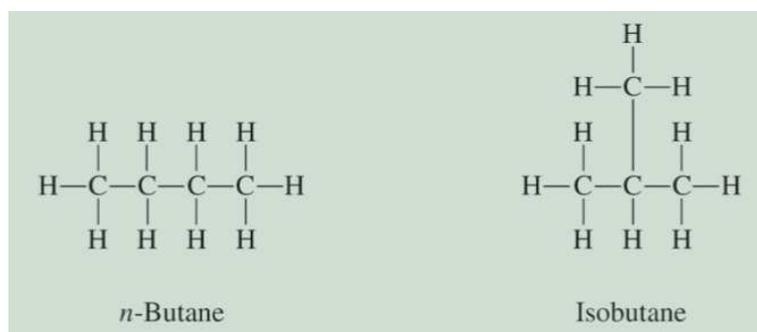
Ejemplo: El butano (C_4H_{10}) tiene 2 isómeros. El decano ($C_{10}H_{22}$) tiene 75 isómeros.

11

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos. Alcanos

Fórmulas del n-butano e isobutano



12

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alcanos

Ejercicio 1: ¿Cuántos isómeros estructurales se pueden identificar para el pentano, C_5H_{12} ?

13

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alcanos

Nomenclatura de los Alcanos: Normas IUPAC

1. El nombre base del hidrocarburo está dado por la cadena continua más larga de átomos de carbono en la molécula.

2. Un alcano menos un átomo de hidrógeno es un grupo alquilo. Ej: $-CH_3$ es un grupo metilo, $-C_2H_5$ es un grupo etilo, $-C_3H_7$ es un grupo propilo, etc.

Name	Formula
Methyl	$-CH_3$
Ethyl	$-CH_2-CH_3$
<i>n</i> -Propyl	$-CH_2-CH_2-CH_3$
<i>n</i> -Butyl	$-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
Isopropyl	$\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ -C-H \\ \\ CH_3 \end{array}$
<i>t</i> -Butyl*	$\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ -C-CH_3 \\ \\ CH_3 \end{array}$

14

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alcanos

Nomenclatura de los Alcanos: Normas IUPAC

5. Los alcanos pueden tener muchos tipos diferentes de sustituyentes. En la tabla se incluyen los nombres de algunos sustituyentes, como el nitro, el bromo, ... Los grupos sustituyentes se disponen alfabéticamente en el nombre. La cadena se numera en la dirección que da el número más pequeño para el primer átomo de carbono sustituido.

Functional Group	Name
$-\text{NH}_2$	Amino
$-\text{F}$	Fluoro
$-\text{Cl}$	Chloro
$-\text{Br}$	Bromo
$-\text{I}$	Iodo
$-\text{NO}_2$	Nitro
$-\text{CH}=\text{CH}_2$	Vinyl

15

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alcanos

Nomenclatura de los Alcanos: Normas IUPAC

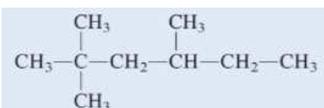
3. Cuando se reemplaza uno o más átomos de H por otros grupos, el nombre del compuesto debe indicar la localización de los átomos de carbono donde se hicieron los reemplazos. Se numera cada átomo de carbono de la cadena más larga en la dirección en la dirección en que las localizaciones de todas las ramificaciones tengan los números más pequeños.
4. Cuando hay más de una ramificación de grupos alquilo de la misma clase, se utilizan los prefijos di, tri, tetra antes del nombre del grupo alquilo. Cuando hay dos o más grupos alquilo diferentes, los nombres de los grupos se disponen alfabéticamente.

16

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alcanos

Ejercicio 2. Nombra el siguiente compuesto:



Ejercicio 3. Escribe la fórmula estructural del 3-etil-2,2-dimetilpentano y del 5-etil-2,4,6-trimetiloctano.

17

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alcanos

Reacciones de los Alcanos: Combustión

- En general, los alcanos no son sustancias muy reactivas.
- Sin embargo, en condiciones adecuadas reaccionan. El gas natural (CH₄), la gasolina y el gasóleo son alcanos cuyas **reacciones de combustión son muy exotérmicas:**



- Las reacciones de combustión se aplican en procesos industriales, en la calefacción doméstica o para cocinar.

18

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alcanos

Reacciones de los Alcanos: Halogenación

- La halogenación consiste en sustituir uno o más átomos de H por átomos de halógenos.
- Cuando una mezcla de metano y Cl_2 se calientan a más de 100°C o se irradia con luz de frecuencia apropiada, se produce cloruro de metilo:



- En presencia de un exceso de $\text{Cl}_2(\text{g})$, la reacción puede continuar:



19

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alcanos

¿Cómo ocurre la halogenación?

- Paso inicial: $\text{Cl}_2 + \text{energía} \rightarrow \text{Cl}^\cdot + \text{Cl}^\cdot$
- Un átomo de Cloro es un radical que contiene un electrón desapareado (un punto). Estos átomos son muy reactivos:



- Se produce un radical metilo $\cdot\text{CH}_3$, que es también muy reactivo:



- La producción de CH_2Cl_2 , CHCl_3 y CCl_4 se explica de la misma forma.
- Los compuestos formados se llaman **halogenuros de alquilo**.

20

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alcanos

Ejercicio 4: Busca en libros o en Internet las aplicaciones que han tenido o tienen los halogenuros de alquilo:

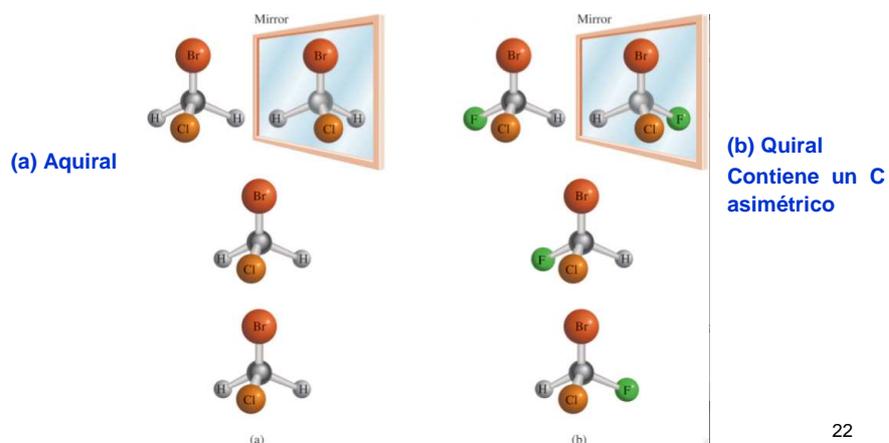
- ✓ Cloroformo (CHCl_3)
- ✓ El tetracloruro de carbono (CCl_4)
- ✓ Cloruro de metileno (CH_2Cl_2)

21

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alcanos

Isomería óptica de los alcanos sustituidos: Los isómeros ópticos son compuestos cuyas imágenes especulares no se pueden superponer, independientemente de cómo se hagan girar las moléculas.

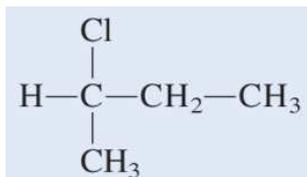


22

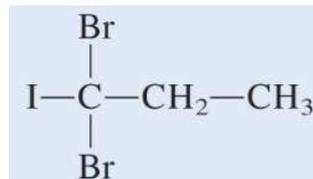
OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alcanos

Ejercicio 5: ¿Las siguientes moléculas son quirales?



(a)



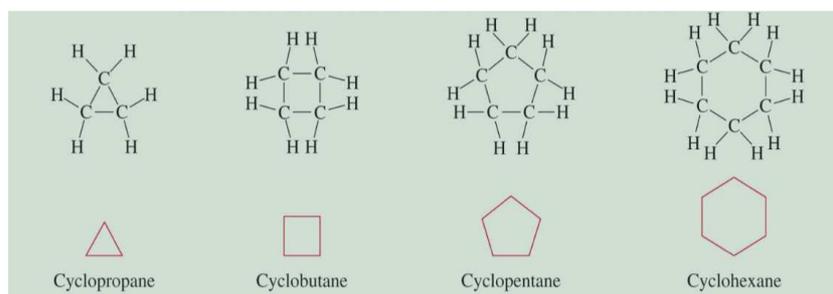
(b)

23

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Cicloalcanos

- Los alcanos cuyos átomos se unen formando **anillos** se conocen como **cicloalcanos**.
- Su fórmula es C_nH_{2n} , donde $n = 1, 2, 3, 4, \dots$
- Muchas sustancias de importancia biológica contienen uno o más sistemas cíclicos: colesterol, progesterona, testosterona.

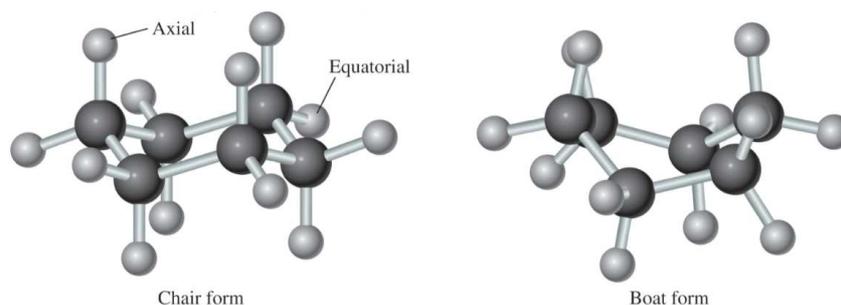


24

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Cicloalcanos

Ciclohexano

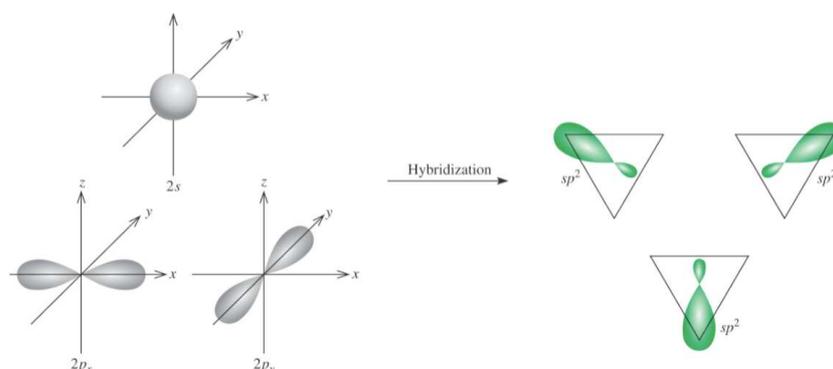


25

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alquenos

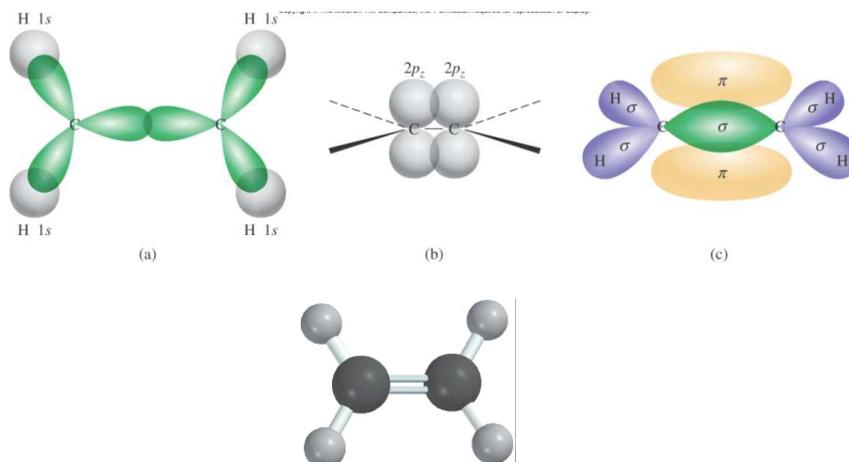
- Los alquenos tienen por lo menos un doble enlace **C=C**
- La fórmula general es **C_nH_{2n}** donde n = 2, 3, 4, ...
- El alqueno más sencillo es el etileno, **C₂H₄**.
- En el ambos átomos de carbono presentan hibridación **sp²** y el doble enlace está formado por un enlace **σ** y uno **π**.



OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alquenos

Eteno o Etileno C_2H_4



27

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alquenos

Nomenclatura de los Alquenos

- Los nombres de los alquenos acaban en **-eno**.
- El nombre del compuesto base se determina por el número de átomos de carbono de la cadena más larga.
- La posición del doble enlace se indica con un número.
- Los números en los nombres de los alquenos indican el átomo de carbono con el número más pequeño en la cadena que es parte del doble enlace C=C.
- Se debe indicar si la molécula es **cis** o **trans**, si se trata de isómeros geométricos.

28

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alquenos

Propiedades y reacciones de los Alquenos



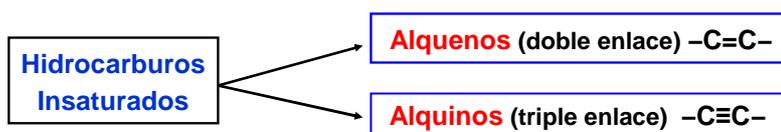
Otros **alquenos** se pueden preparar por el craqueo de miembros superiores de la familia de los alcanos.

29

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alquenos

Reacciones de Adición



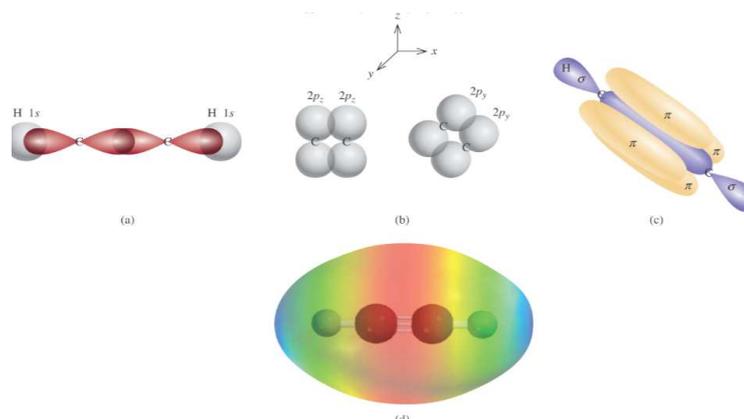
- Los Hidrocarburos Insaturados por lo general presentan **reacciones de adición**, en las que una molécula se adiciona a otra para formar un solo producto.
- La **hidrogenación** es un ejemplo de reacción de adición.
- Ejemplos:
 - $C_2H_4(g) + HX(g) \rightarrow CH_3-CH_2X(g)$ ($X = Cl, Br$ o I)
 - $C_2H_4(g) + X_2(g) \rightarrow CH_2X-CH_2X(g)$
 - $C_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow CH_3-CH_3(g)$ (**hidrogenación**)

30

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alquinos

- El alquino más sencillo es el **etino** o **acetileno** C_2H_2
- La estructura y los enlaces del C_2H_2 corresponden a una **hibridación lineal sp** en ambos carbonos. El triple enlace está formado por un enlace σ y dos π .

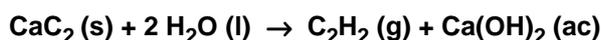


33

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alquinos

Reacción de Preparación



- El acetileno tiene muchas **aplicaciones** importantes en la industria.

Reacción de Combustión

- Por su alto calor de combustión (2600 kJ/mol) el acetileno se quema en los “**sopletes oxiacetilénicos**” donde se alcanzan los 3000°C. Se utilizan para soldar metales.

Reacción de Descomposición

- Como $\Delta G_f^\circ = 209 \text{ kJ/mol}$ la molécula de acetileno es **inestable** respecto a sus elementos y tiende a descomponerse:

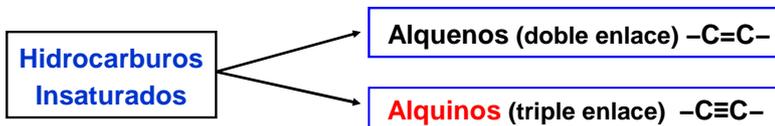


- En presencia de un catalizador adecuado, o cuando el gas se mantiene a presión, esta reacción suele ocurrir con violencia explosiva. Por ello el etino se debe manipular con sumo cuidado. ³⁴

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Alquinos

Reacciones de Adición



- El **acetileno** es un hidrocarburo insaturado que participa en **reacciones de adición**, con halogenuros de hidrógeno y halógenos.
- Ejemplos:
 $C_2H_2(g) + HX(g) \rightarrow CH_2=CHX(g)$ (X= Cl, Br o I)
 $C_2H_2(g) + X_2(g) \rightarrow CHX=CHX(g)$
 $C_2H_2(g) + 2X_2(g) \rightarrow CHX_2-CHX_2(g)$ (**hidrogenación**)
- Por **hidrogenación** produce etileno:
 $C_2H_2(g) + H_2(g) \rightarrow CH_2=CH_2(g)$
- El **propino** participa en reacciones semejantes a las del acetileno.

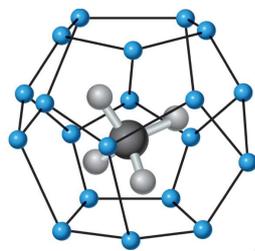
35

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

2. Hidrocarburos Alifáticos: Hidratos de Metano

“El hielo que se quema” (Chang pág. 1038)

- 1) Leer de forma individual
- 2) Discutir en grupos de 4
- 3) Preparar una pequeña exposición por grupo
- 4) Exposición a la clase de algunos grupos (selección aleatoria)



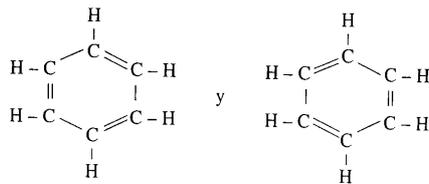
36

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

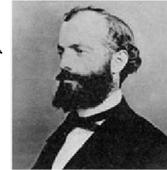
3. Hidrocarburos Aromáticos

- El **benceno**, C_6H_6 , es el compuesto-base de esta gran familia de hidrocarburos.

La mejor representación del benceno podría ser una estructura anular del tipo:



Kekulé
1965



- O también, en términos de **Orbitales Moleculares deslocalizados**:

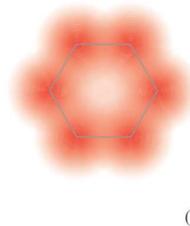
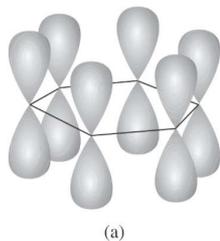
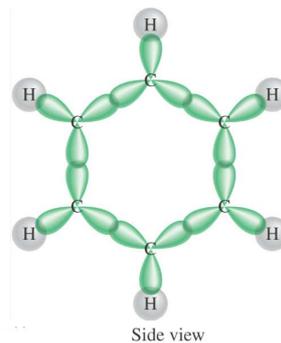


37

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

3. Hidrocarburos Aromáticos

El C_6H_6 (Orbitales Moleculares) tiene 6 enlaces σ C-C, 6 enlaces σ C-H y tendría una nube electrónica deslocalizada, por encima y debajo del plano donde se sitúan los átomos de carbono, debido al solapamiento de los orbitales p de los átomos de carbono para formar OM de tipo π :



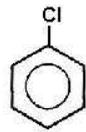
38

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

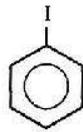
3. Hidrocarburos Aromáticos

Nomenclatura de los Compuestos Aromáticos

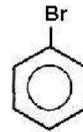
- 1) La nomenclatura en bencenos **monosustituídos**, donde un H se ha reemplazado por otro átomo o grupo de átomos es como sigue:



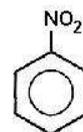
clorobenceno



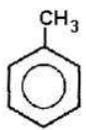
yodobenceno



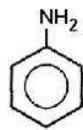
bromobenceno



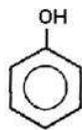
nitrobenceno



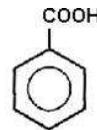
metilbenceno
(tolueno)



aminobenceno
(anilina)



hidroxibenceno
(fenol)



ácido fenilmetanoico
(ácido benzoico)

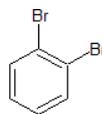
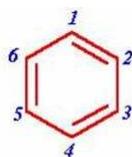
39

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

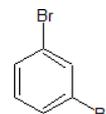
3. Hidrocarburos Aromáticos

Nomenclatura de los Compuestos Aromáticos

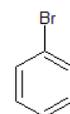
- 2) Si hay más de un sustituyente, se debe indicar la **localización** del **segundo grupo** respecto al primero:



1,2-dibromobenceno
orto

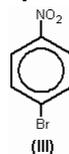


1,3-dibromobenceno
meta



1,4-dibromobenceno
para

- 3) Si los dos grupos sustituyentes son diferentes se nombran así:



4-bromonitrobenceno ó *p*-bromonitrobenceno

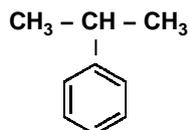
40

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

3. Hidrocarburos Aromáticos

Nomenclatura de los Compuestos Aromáticos

- 4) Un anillo bencénico que ha perdido un átomo de H recibe el nombre de grupo fenilo o fenil. Por tanto, la siguiente molécula se denomina **2-fenilpropano**:



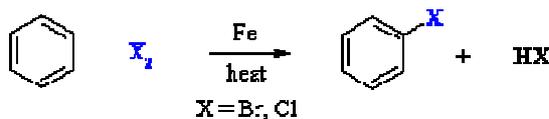
41

OCW 2011 © Mª Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

3. Hidrocarburos Aromáticos

Propiedades y Reacciones de los Aromáticos

- El benceno es un líquido incoloro, inflamable, que se obtiene sobre todo del petróleo y del alquitrán de hulla.
- A pesar de que tiene la misma fórmula empírica que el acetileno (CH) y un alto grado de insaturación, es mucho menos reactivo que el etileno o el acetileno.
- La estabilidad del benceno es resultado de la deslocalización electrónica. De hecho es posible, pero muy difícil, hidrogenar el benceno.
- Los alquenos reaccionan en forma rápida con los halógenos para formar productos de adición, porque el enlace pi C=C se puede romper con facilidad.
- La reacción más común de los halógenos con el benceno es una **Reacción de Sustitución**:



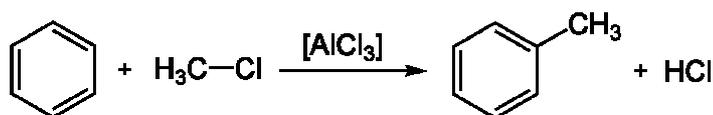
42

OCW 2011 © Mª Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

3. Hidrocarburos Aromáticos

Reacciones de los Compuestos Aromáticos

- Es posible introducir grupos alquilo en el sistema cíclico, haciendo reaccionar el benceno con un halogenuro de alquilo en presencia de un catalizador como el AlCl_3 . Se llaman **Reacciones de Alquilación**.



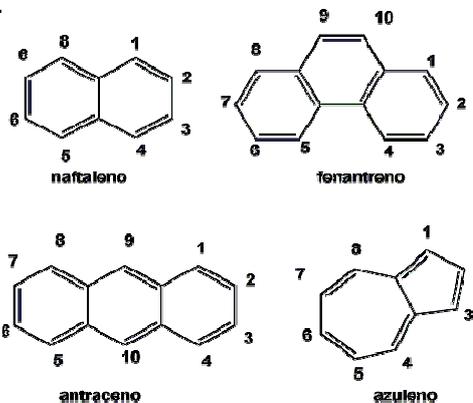
43

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

3. Hidrocarburos Aromáticos

Reacciones de los Compuestos Aromáticos

- Existe una gran cantidad de compuestos que se pueden generar a partir de sustancias en las que los anillos bencénicos están fusionados. Se llaman **hidrocarburos aromáticos policíclicos**.
- Algunos de estos compuestos con varios anillos son poderosos **carcinógenos**.



44

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

3. Hidrocarburos Aromáticos

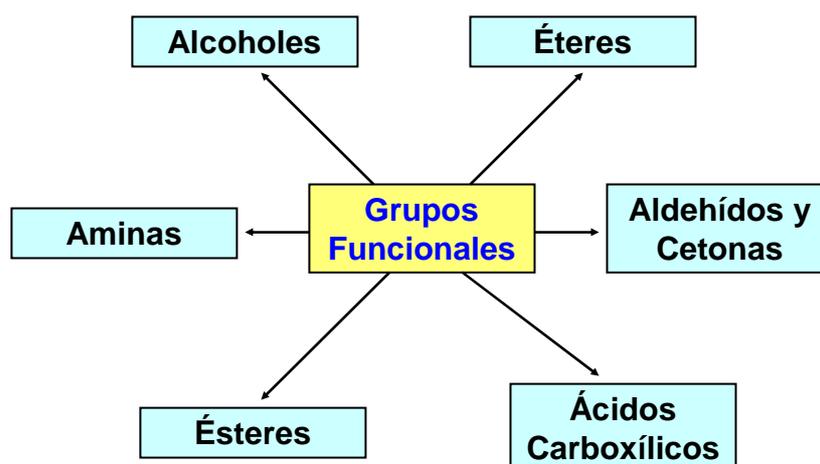
Tarea

- Investiga en libros de Química Orgánica, de Química del Medioambiente, sobre Toxicología, ... por qué los compuestos aromáticos son, en general, carcinógenos para los seres humanos y muchos animales.

45

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

4. Química de los Grupos Funcionales

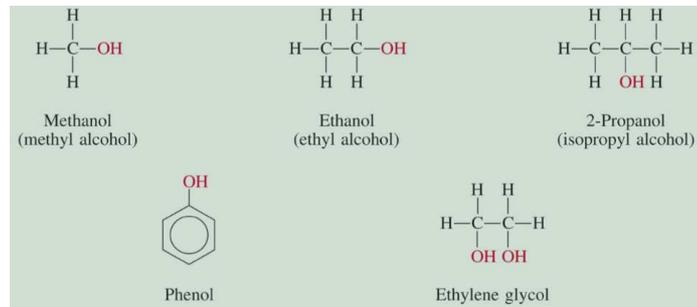


46

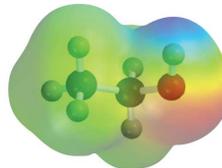
OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

3. Grupos Funcionales: Alcoholes

- Todos los alcoholes contienen el **grupo funcional hidroxilo -OH**. Algunos ejemplos:



- El alcohol etílico o etanol es el más conocido:



47

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

3. Grupos Funcionales: Alcoholes

Etanol

- Es un producto biológico de la fermentación del azúcar o el almidón. En ausencia de oxígeno, las enzimas presentes en los cultivos bacterianos o las levaduras, catalizan la reacción de formación.
- **Tarea:** Escribe esa reacción de fermentación a partir de glucosa, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. ¿Qué tipo de productos se preparan mediante este tipo de reacciones? ¿Qué gas se desprende?
- A nivel **comercial**, el etanol se prepara por **adición** de agua al etileno a unos 280°C y 300 atm :
$$\text{CH}_2=\text{CH}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{g}) \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} (\text{g})$$
- El etanol tiene muchas aplicaciones como **disolvente** y como **materia prima** en la manufactura de colorantes, fármacos, cosméticos y explosivos.

48

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

3. Grupos Funcionales: Alcoholes

Etanol

- **Toxicidad:** El etanol es el alcohol de cadena lineal menos tóxico.
- **Tarea:** ¿Cómo funciona un alcoholímetro? Chang pág. 146
- El etanol se puede oxidar hasta acetaldehído o ácido acético por la acción de agentes oxidantes como el $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ en medio ácido:



- Es un alcohol alifático porque deriva de un alcano, el etano.

49

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

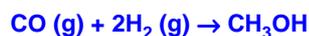
3. Grupos Funcionales: Alcoholes

Metanol

- Es el alcohol alifático más sencillo, CH_3OH .
- Se conoce como *alcohol de madera* porque antiguamente se preparaba por la destilación seca de la madera.



- Es un alcohol alifático porque deriva de un alcano, el etano.
- Actualmente, se sintetiza a escala industrial mediante altas T^a y P según:



Toxicidad

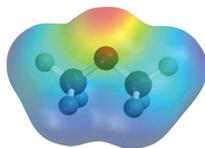
- El metanol es muy tóxico.
- El etanol para uso industrial se mezcla con metanol para evitar que la gente lo beba.
- El etanol que contiene metanol u otras sustancias tóxicas se llama **alcohol desnaturalizado**.

50

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

3. Grupos Funcionales: Éteres

- Los **éteres** contienen la unión R–O–R', donde R y R' son grupos derivados de hidrocarburos alifáticos o aromáticos.

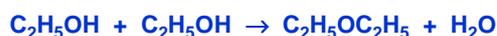


Formación

- Por la reacción de un alcóxido y un halogenuro de alquilo:



- El éter dietílico se prepara a nivel industrial al calentar etanol con ácido sulfúrico a 140°C:



- Esta reacción es un ejemplo de **Reacción de Condensación**: se unen dos moléculas y se elimina una molécula pequeña, en general H₂O.

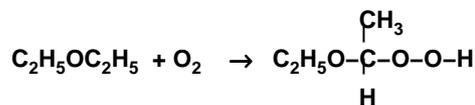
51

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

3. Grupos Funcionales: Éteres

Propiedades

- Los éteres son muy **inflamables**, al igual que los alcoholes.
- En contacto con el aire tienden a formar lentamente **peróxidos** explosivos.



- Los peróxidos tienen el enlace **–O–O–**
- El peróxido más sencillo es el **H₂O₂**
- El éter dietílico “éter” se utilizó como **anestésico** durante muchos años, aunque presentaba serios efectos secundarios.

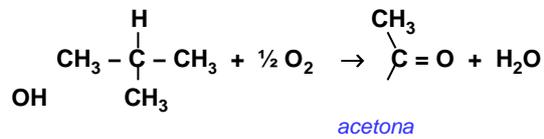
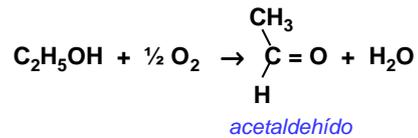
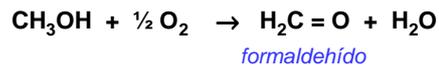
52

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

3. Grupos Funcionales: Aldehídos y Cetonas

Propiedades

- En **condiciones suaves de oxidación** es posible convertir los alcoholes en aldehídos y cetonas.



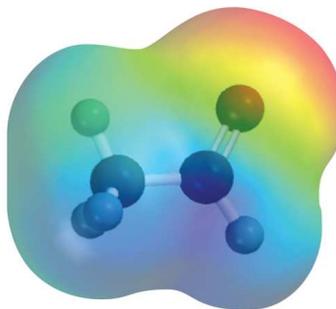
- El grupo funcional en estos compuestos es el **grupo carbonilo** $\text{C}=\text{O}$

53

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

3. Grupos Funcionales: Aldehídos y Cetonas

Tipo de Enlaces



Acetaldehído

54

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

3. Grupos Funcionales: Aldehídos y Cetonas

Propiedades

- El aldehído más sencillo es el **formaldehído** $H_2C=O$ y tiende a **polimerizarse**, es decir, las moléculas individuales se unen entre sí para formar un compuesto de alta masa molar.
- Es una reacción muy exotérmica que a menudo es **explosiva**.
- Es una **materia prima** en la industria de los **polímeros**.



(PF) Fenol-Formaldehído



(UF) Urea-Formaldehído



(MF) Melamina-Formaldehído

55

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

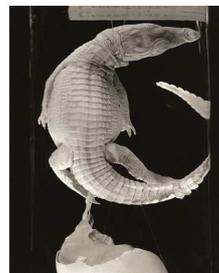
3. Grupos Funcionales: Aldehídos y Cetonas

Propiedades

- El formaldehído tiene olor desagradable. Los aldehídos de masa molar mayor tienen olores agradables (aldehído cinámico da el olor a la **canela**).



- Se utiliza en los laboratorios para la conservación de **animales muertos**.



56

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

3. Grupos Funcionales: Aldehídos y Cetonas

Propiedades

- Las cetonas son, en general, **menos reactivas que los aldehídos**.
- La cetona más sencilla es la **acetona**, un líquido de olor agradable, que se emplea como **disolvente** de compuestos orgánicos (laca de uñas).

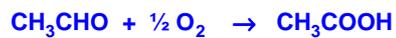


57

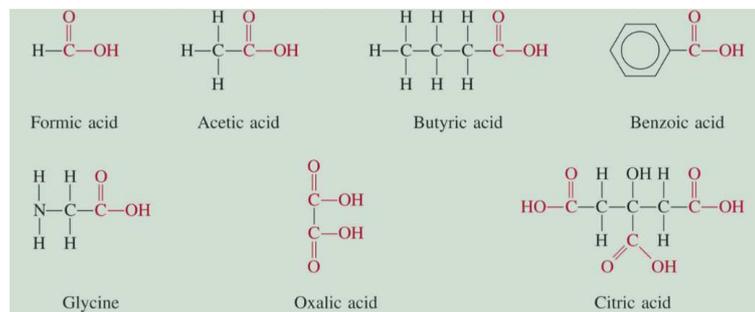
OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

3. Grupos Funcionales: Ácidos Carboxílicos

- En condiciones apropiadas tanto los alcoholes como los aldehídos se pueden oxidar hasta ácidos carboxílicos:



- Cuestión:** ¿Por qué se avinagra el vino en contacto con el aire?
- El grupo funcional es el grupo carboxílico: **-COOH**

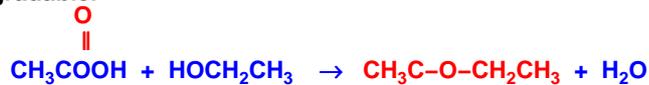


58

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

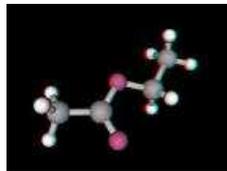
3. Grupos Funcionales: Ácidos Carboxílicos

- Los ácidos carboxílicos abundan en la naturaleza.
- Todas las moléculas de **proteínas** están formadas por aminoácidos, una clase particular de ácidos carboxílicos que contienen un **grupo amino** ($-\text{NH}_2$) y un **grupo carboxílico**.
- En general, son ácidos débiles.
- Reaccionan con los alcoholes para formar **ésteres** de olor agradable.



- Otras reacciones de los ácidos carboxílicos son las de **neutralización**.

Acetato de Etilo



59

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

3. Grupos Funcionales: Ésteres

- Los ésteres tienen la fórmula general **R'COOR**
- El grupo funcional éster es el **-COOR**
- Se utilizan en la manufactura de perfumes y como agentes saborizantes en la industria de confitería y de bebidas gaseosas.
- Muchas **frutas** deben su **olor** y **sabor** característicos a la presencia de pequeñas cantidades de ésteres.
- **Tarea:** ¿Cuáles son los ésteres que caracterizan el sabor del plátano, la manzana y las naranjas?



60

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

3. Grupos Funcionales: Ésteres

- En presencia de un catalizador ácido, como el HCl, los ésteres se hidrolizan para formar un ácido carboxílico y un alcohol:



- Sin embargo, esta reacción no llega a completarse porque también ocurre la reacción inversa en forma apreciable.
- Cuando se utiliza una disolución de NaOH en la hidrólisis, el acetato de sodio que se forma no reacciona con el etanol. La reacción se completa de izquierda a derecha:



- Por esto la hidrólisis de los ésteres, en general, se realiza en disoluciones básicas.
- El término **saponificación** (*hacer jabón*) se utilizó originalmente para describir la hidrólisis de los ésteres de los ácidos grasos para producir moléculas de jabón (**esterearato de sodio**):



- Hoy, el término saponificación se ha generalizado para la hidrólisis alcalina de cualquier éster.

61

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

3. Grupos Funcionales: Ésteres

- El término **saponificación** (*hacer jabón*) se utilizó originalmente para describir la hidrólisis de los ésteres de los ácidos grasos para producir moléculas de jabón (**esterearato de sodio**):



- Hoy, el término saponificación se ha generalizado para la hidrólisis alcalina de cualquier éster.



Jabón

62

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

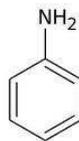
3. Grupos Funcionales: Aminas

- Las aminas son **bases orgánicas** cuya fórmula general es R_3N (R puede ser un H o un grupo derivado de un hidrocarburo).
- Como en el amoniaco, la reacción de las aminas con el agua es:

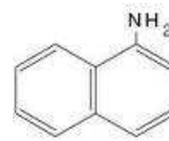
$$RNH_2 + H_2O \rightarrow RNH_3^+ + OH^-$$
- Las aminas (bases) forman sales cuando reaccionan con ácidos:

$$CH_3CH_2NH_2 + HCl \rightarrow CH_3CH_2NH_3^+Cl^-$$

etilamina *cloruro de etilamonio*
- Por lo general, estas sales son sólidos incoloros e inodoros.
- Las aminas aromáticas se utilizan sobre todo en la manufactura de **colorantes**. Muchas de ellas son **tóxicas** y poderosos **carcinógenos**.



Anilina



1-naftilamina

63

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería

3. Grupos Funcionales: Resumen

Functional Group	Name	Typical Reactions
	Carbon-carbon double bond	Addition reactions with halogens, hydrogen halides, and water; hydrogenation to yield alkanes
$-C\equiv C-$	Carbon-carbon triple bond	Addition reactions with halogens, hydrogen halides; hydrogenation to yield alkenes and alkanes
$-\ddot{X}:$ (X = F, Cl, Br, I)	Halogen	Exchange reactions: $CH_3CH_2Br + KI \rightarrow CH_3CH_2I + KBr$
$-\ddot{O}-H$	Hydroxyl	Esterification (formation of an ester) with carboxylic acids; oxidation to aldehydes, ketones, and carboxylic acids
	Carbonyl	Reduction to yield alcohols; oxidation of aldehydes to yield carboxylic acids
$\begin{matrix} :O: \\ \\ -C-\ddot{O}-H \end{matrix}$	Carboxyl	Esterification with alcohols; reaction with phosphorus pentachloride to yield acid chlorides
$\begin{matrix} :O: \\ \\ -C-\ddot{O}-R \end{matrix}$ (R = hydrocarbon)	Ester	Hydrolysis to yield acids and alcohols
$\begin{matrix} R \\ \\ -N: \\ \\ R \end{matrix}$ (R = H or hydrocarbon)	Amine	Formation of ammonium salts with acids

64

OCW 2011 © M^a Pilar Ruiz Ojeda, Borja Muñoz Leoz. Fundamentos Químicos de la Ingeniería