

# Química

Andrés Cedillo, AT-250

[cedillo@xanum.uam.mx](mailto:cedillo@xanum.uam.mx)

[www.fqt.izt.uam.mx/cedillo](http://www.fqt.izt.uam.mx/cedillo)

## 2. Átomos, moléculas e iones

- 2.1. Teoría atómica
- 2.2. Estructura del átomo
- 2.3. Tabla periódica
- 2.4. Compuestos moleculares
- 2.5. Compuestos iónicos
- 2.6. Nomenclatura

## 2. Átomos, moléculas e iones

Las características microscópicas de la materia determinan sus propiedades observables.

- Demócrito (460-370 A.C.)
  - Propuesta: la materia está hecha de partículas muy pequeñas e indivisibles (átomos).
- Siglo XVII
  - Se realizan experimentos con observaciones cuantitativas.
    - Propiedades de los gases
    - Composición de los compuestos

## 2.1. Teoría atómica

- Leyes de la química conocidas en el siglo XVIII
  - Ley de la conservación de la masa
    - En una reacción química no hay cambio detectable en la masa
  - Ley de la composición constante
    - Un mismo compuesto siempre contiene los mismos elementos en la misma proporción

## 2.1. Teoría atómica ...2

Leyes ...

- Ley de las proporciones múltiples
  - Cuando dos elementos se combinan para formar más de un compuesto, el cociente de las masas de un elemento que se combinan **con una cantidad fija del segundo** es una fracción de números enteros pequeños.

Hay dos compuestos de cromo con oxígeno:

- Un sólido verde con 2.167 g de Cr por 1.000 g de O
  - Un sólido rojo con 1,083 g de Cr por 1.000 g de O
- 2.167/1.083=2.001      casi 2/1      ¿partículas?

## 2.1. Teoría atómica ...3

En 1808 John Dalton propuso un **modelo** para explicar las leyes conocidas de la química

1. Cada elemento está formado de partículas muy pequeñas llamadas **átomos**.

Todos los átomos de un mismo elemento tienen las mismas propiedades. Átomos de distintos elementos tienen propiedades diferentes.

Un átomo es la partícula más pequeña de un elemento que mantiene sus propiedades.

## 2.1. Teoría atómica ...4

Modelo de Dalton ...

2. Los compuestos están formados por la combinación átomos de dos o más elementos. (En un compuesto dado, el número de átomos de cada elemento es siempre el mismo.)
3. En una reacción química, los átomos de las sustancias se recombinan, pero no desaparecen ni se transforman en átomos de otro elemento.

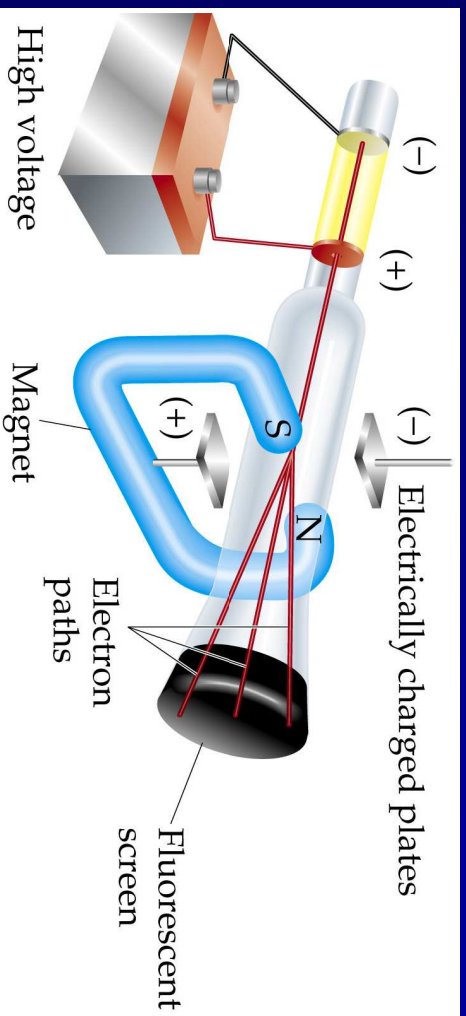
## 2.2. Estructura del átomo

- Durante mucho tiempo, los átomos de Dalton se consideraron como un modelo de la química.
- En la segunda mitad del s. XIX se realizan muchos estudios haciendo pasar corriente eléctrica en recipientes con gases, a presiones bajas (tubos de descarga).

## 2.2. Estructura del átomo

### ...2

Tubo de descarga



## 2.2. Estructura del átomo

### ...3

- En 1897 JJ Thomson descubre los rayos catódicos.
  - Hace brillar al vidrio.
  - Partículas con carga y masa que salen del cátodo, con carga negativa y son afectadas por los campos electromagnéticos.
  - El cociente  $q/m$  es siempre el mismo, independientemente del material del electrodo y del gas. ( $q/m = 1.76 \times 10^8 \text{ C g}^{-1}$ )

Las partículas, llamadas posteriormente electrones, forman parte de todos los átomos.

## 2.2. Estructura del átomo

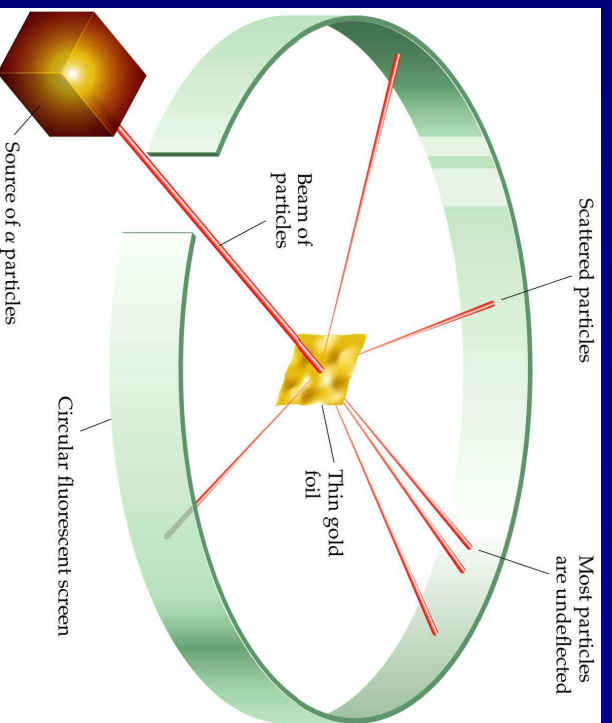
..4

- En 1909, R Millikan determina la carga del electrón. A partir del cociente  $q/m$  se obtiene su masa ( $m_H \approx 2000 m_e$ ).
  - El átomo está formado por electrones y un parte positiva.
  - Casi toda la masa está en la parte positiva.
- $q = 1.60 \times 10^{-19} C$   
 $m_e = 9.10 \times 10^{-28} g$

## 2.2. Estructura del átomo

...5

- En 1911, E Rutherford bombardea hojas muy delgadas de oro con partículas  $\alpha$ .



## 2.2. Estructura del átomo

### ...6

- Mediante un modelo de colisiones concluyó que la parte positiva del átomo debe estar concentrada en una región muy pequeña (núcleo) que contiene prácticamente toda la masa del átomo.  
( $r_{\text{átomo}} \sim 1\text{-}5 \text{ \AA}$ ;  $r_{\text{núcleo}} \sim 10^{-4} \text{ \AA}$ )  
( $\rho_{\text{núcleo}} \sim 10^{13} \text{ g cm}^{-3}$ ) *caja de cerillos*  $m \sim 2.5 \times 10^9 \text{ ton}$
- Posteriormente se descubrió que el núcleo está formado por protones (Rutherford, 1919) y neutrones (Chadwick, 1932).  
( $q_p = -q_e$ ,  $q_n = 0$ ,  $m_n \approx m_p$ )

## 2.2. Estructura del átomo

### ...7

- Un átomo está formado por protones, neutrones y electrones.
- Dado que un átomo es neutro,  $N_p = N_e$ .
  - Se denomina número atómico,  $Z$ , al número de protones de un átomo,  $Z = N_p$ .
  - Todos los átomos de un elemento tienen el mismo número de protones.
  - Diferencia en la atracción y repulsión genera propiedades distintas.

# 2.2. Estructura del átomo

## ...8

$$H : Z = 1, N_e = 1$$

$$U : Z = 92, N_e = 92$$

1A 1 H	2A 2 He											3A 13 B	4A 14 C	5A 15 N	6A 16 O	7A 17 F	8A 18 Ne		
3 Li	4 Be	3B 11 Na	4B 12 Mg	5B 13 Al	6B 14 Si	7B 15 P	8B 16 S	9B 17 Cl	10B 18 Ar	1B 11 Na	2B 12 Mg	3B 13 Al	4B 14 Si	5B 15 P	6B 16 S	7B 17 Cl	8B 18 Ar		
		21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr		
		37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
		55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb		
		87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No		
		103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110	111	112	113	114	115	116				

Metals

Metalloids

Nonmetals

# 2.2. Estructura del átomo

## ...8

- Los átomos de un elemento pueden tener masa distinta.
- Número de masa:  $A = N_p + N_n$ .
- Símbolo atómico o nuclear:  ${}^A_Z X$
- Isótopos del hidrógeno:  ${}^1_1H$   ${}^2_1H$   ${}^3_1H$
- ${}^{235}_{92}U$  :  $N_p = 92$  ,  $N_n = 143$
- ${}^{238}_{92}U$  :  $N_p = 92$  ,  $N_n = 146$

Comparar con el modelo de Dalton



## 2.2. Estructura del átomo

### ...9

#### Ejercicios

- a) El isótopo de cobalto ( $Z = 27$ ) que se usa para la radioterapia tiene 33 neutrones, escriba su símbolo atómico.
- b) El  ${}_{38}^{90}\text{Sr}$  es uno de los componentes más peligrosos de los desechos nucleares, se acumula en los huesos reemplazando al calcio. Indique el número de electrones, neutrones y protones que tiene un átomo de este isótopo.

## 2.2. Estructura del átomo

### ...10

#### ■ Decaimiento radiactivo (Becquerel, 1896)

##### – Partículas emitidas (Rutherford)

- $\alpha$  : núcleo de helio  ${}^4_2\text{He}^{2+}$
- $\beta$  : electrón  $e^-$
- $\gamma$  : radiación de alta energía

##### – Tipos de decaimiento

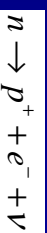
- $\alpha$  :



- $\beta$  :



- $\gamma$  : otros procesos



## 2.3. Tabla periódica

- En 1869 Mendeleiev ordenó los elementos conocidos en orden creciente de masa atómica y agrupándolos por similitud química.
- Encontró huecos y predijo exitosamente las propiedades de tres elementos que se descubrieron con posterioridad (Sc, Ga, Ge).

## 2.3. Tabla periódica ...2

Elementos representativos: grupos 1, 2, 13-18

1A 1 H	2A 2 Li Be	3B 3 Na Mg	4B 4 K Ca	5B 5 Sc Ti V	6B 6 Cr Mn	7B 7 Fe Co Ni	8B 8 Cu Zn Ga	9 9 Pd Ag Cd	10 10 Pt Au Hg	11B 11 Tl Pb	12B 12 Bi Po	13A 13 B C	14A 14 Si Ge	15A 15 N P As Sb Te	16A 16 O S Cl Br I	17A 17 F Cl Br I Xe	18A 18 He Ne Ar Kr Xe Rn
19 K Rb Cs Fr	20 Ca Sr Ba Ra	21 Sc Y Lu La	22 Ti Zr Hf Rf	23 V Nb Ta Db	24 Cr Mo W Sg	25 Mn Tc Re Bh	26 Fe Ru Os Hs	27 Co Rh Ir Mt	28 Ni Pd Pt	29 Cu Ag Au	30 Zn Cd Hg	31 Ga In Tl	32 Ge Sn Pb	33 As Sb Bi	34 Se Te Po	35 Br I At	36 Kr Xe Rn

1A → periodo  
 grupo ↓

Grupos comunes  
 1: m. alcalinos  
 2: m. alcalinotérreos  
 17: halógenos  
 18: gases nobles

Metals	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb
Metalloids	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No
Nonmetals														

sólidos  
 Metales de transición: grupos 3-12

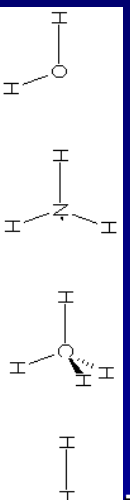
## 2.4. Compuestos moleculares

Sólo los gases nobles existen como átomos en la naturaleza. Comúnmente se encuentran formando compuestos.

- Molécula: combinación de dos o más átomos para formar una especie neutra.
  - Normalmente tienen elementos no metálicos
  - Forman enlaces covalentes fuertes
  - Las fuerzas entre las moléculas son relativamente débiles
- Una sustancia molecular se representa por su fórmula molecular, que indica el número de átomos presentes de cada elemento ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ).

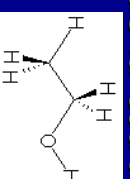
## 2.4. Compuestos moleculares ...2

- La estructura de las moléculas se puede representar por fórmulas estructurales. (Los enlaces covalentes se simbolizan por líneas.)



- En la fórmula molecular o fórmula condensada no hay detalles de la estructura.

Etanol  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$   $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$



- Algunas sustancias no forman moléculas, como el diamante y el grafito.

## 2.4. Compuestos moleculares ...3

- Una molécula **diatómica** está formada por dos átomos.  
 $H_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $HF$ , etc.
- Una molécula con tres átomos es una molécula **triatómica**.  
 $O_3$ ,  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $HCN$ , etc.
- La **fórmula empírica** de una sustancia sólo contiene información acerca de la proporción de cada elemento.  
El ácido acético,  $CH_3COOH$ , y el formaldehído,  $H_2CO$ , tienen la misma proporción de elementos  $C$  y  $H$ , por tanto, la misma fórmula empírica,  $CH_2O$ .

## 2.5. Compuestos iónicos

### – Iones

- Cuando una especie neutra gana o pierde electrones se forma una especie cargada, llamada **ion**.
- Los átomos metálicos tienden a ceder sus electrones formando iones positivos o **cationes**.



## 2.5. Compuestos iónicos

### ...2

- Los átomos no metálicos normalmente forman iones negativos o **aniones** al recibir electrones.



$$Z=17 \quad Z=17$$

$$N_e=17 \quad N_e=18$$

- Las propiedades de los iones son distintas que las de las especies neutras.



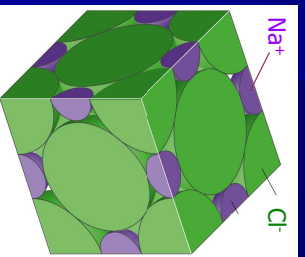
Ejercicio. Obtenga el número de electrones, neutrones y protones de las especies iónicas siguientes: a)  ${}_{13}^{27}\text{Al}^{3+}$  presente en los rubíes y zafiros, b)  ${}_{16}^{32}\text{S}^{2-}$  que se encuentra en la pirita.

## 2.5. Compuestos iónicos

### ...3

- También hay iones **poliatómicos**.  
Ion hidroxilo,  $\text{OH}^-$       Ion amonio,  $\text{NH}_4^+$   
Ion sulfato,  $\text{SO}_4^{2-}$
- Un **compuesto iónico** es un compuesto neutro formado por iones, como el NaCl que tiene una estructura cristalina.

- No hay moléculas neutras NaCl en el cristal.
- El cristal se mantiene unido por fuerzas eléctricas, enlace iónico.
- Normalmente son sólidos a temperatura ambiente y funden a temperaturas altas, NaCl a 800 °C.
- Son una combinación de metales y no metales.



## 2.5. Compuestos iónicos

### ...4

- **Compuestos en disolución**
  - Al disolver un compuesto iónico en agua, los iones se separan (solvatación). Los iones conducen la electricidad y se dice que el compuesto es un **electrolito fuerte**.  
$$\text{KNO}_3 (\text{ac}) \rightarrow \text{K}^+ (\text{ac}) + \text{NO}_3^- (\text{ac})$$
  - Los sólidos moleculares que se disuelven en agua, como la sacarosa, normalmente no conducen la electricidad y se denominan **no electrolitos**.

## 2.5. Compuestos iónicos

### ...5

Para escribir la fórmula de un compuesto iónico es necesario **conocer la carga de los iones**, ya que el compuesto es neutro.

Ejemplo. El compuesto iónico formado por los iones calcio,  $\text{Ca}^{2+}$ , y los iones cloruro,  $\text{Cl}^-$  es  $\text{CaCl}_2$ . (Fórmula empírica.)

Ejercicios. Escriba la fórmula del compuesto iónico formado por

- iones amonio,  $\text{NH}_4^+$ , e iones sulfato,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,
- iones magnesio,  $\text{Mg}^{2+}$ , e iones fosfato,  $\text{PO}_4^{3-}$ .



## 2.5. Compuestos iónicos ...8

- Cationes de metales de transición
  - Normalmente no forman una estructura de gas noble y tienen más de un catión.  
Fe : Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>
- Iones poliatómicos
  - Tienen nombres convencionales y es necesario reconocer su carga.
    - Cationes más comunes: NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Hg<sub>2</sub><sup>2+</sup>, ...
    - Aniones más comunes: OH<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, ...

## 2.6. Nomenclatura

Un compuesto se identifica por su fórmula o por su nombre.

Cloruro de sodio = NaCl

- Nombre de los iones
  - Los **cationes monoatómicos** toman su nombre del **elemento**.
    - Na<sup>+</sup> : ion **sodio**



## 2.6. Nomenclatura ...2

- Si se forma más de un catión, se adiciona la **carga entre paréntesis**, en numeral romano.
  - Fe<sup>2+</sup> : ion hierro (II)
  - Fe<sup>3+</sup> : ion hierro (III)
- Los **aniones monoatómicos** usan el nombre del elemento con la terminación **-uro**, excepto por el ion óxido O<sup>2-</sup>.
  - H<sup>-</sup> : ion hidr**uro**
  - S<sup>2-</sup> : ion sulf**uro**
  - F<sup>-</sup> : ion fluor**uro**
  - Cl<sup>-</sup> : ion clor**uro**

## 2.6. Nomenclatura ...3

- Los **iones poliatómicos** tienen nombres convencionales, excepto por los oxianiones.
  - NH<sub>4</sub><sup>+</sup> : ion amonio
  - Hg<sub>2</sub><sup>2+</sup> : ion mercurio (I)
  - CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> : ion carbonato
  - CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> : ion cromato
  - CN<sup>-</sup> : ion cianuro
  - OH<sup>-</sup> : ion hidróxido

## 2.6. Nomenclatura ...4

- Los **oxianiones** son aniones formados por un átomo de un elemento y uno o más átomos de oxígeno.
  - Cuando hay un solo oxianión, se usa terminación **-ato**.
  - $\text{CO}_3^{2-}$  : ion **carbonato**
- Cuando hay dos oxianiones del mismo elemento, se usa la terminación **-ato** para el que tiene más átomos de oxígeno e **-ito** para el que tiene menos.
  - $\text{NO}_3^-$  : ion **nitrato**
  - $\text{NO}_2^-$  : ion **nitrito**

## 2.6. Nomenclatura ...5

- Nombre de los oxianiones ...
  - Cuando se forman **más de dos oxianiones**, al que tiene el **mayor número** de átomos de oxígeno se le añaden el prefijo **per-** y la terminación **-ato**. En caso de que haya **cuatro** oxianiones, al de menor número de átomos de oxígeno se le adiciona el prefijo **hipo-** y la terminación **-ito**.
    - $\text{ClO}_4^-$  : ion **perclorato**
    - $\text{ClO}_3^-$  : ion **clorato**
    - $\text{ClO}_2^-$  : ion **clorito**
    - $\text{ClO}^-$  : ion **hipoclorito**

## 2.6. Nomenclatura ...6

- Los **compuestos iónicos** se nombran a partir de los nombres de sus iones, iniciando con el anión seguido del catión
  - $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$  : nitrato de cromo (III)

Ejercicio. Nombre los compuestos iónicos siguientes:

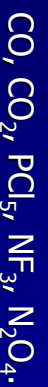


## 2.6. Nomenclatura ...7

- Los **compuestos moleculares binarios** se nombran usando prefijos de número para indicar del número de átomos de cada elemento (**di-**, **tri-**, **tetra-**). El átomo que aparece al final en la fórmula de utiliza para iniciar el nombre, con el sufijo **-uro** (excepto para el oxígeno que lleva la terminación **-ido**, óxido).



Ejercicio. Nombre los siguientes compuestos moleculares:



## 2.6. Nomenclatura ...8

- Muchos compuestos binarios tienen nombres convencionales.

– H <sub>2</sub> O	agua
– H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	peróxido de hidrógeno
– NH <sub>3</sub>	amoníaco
– N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	hidrazina
– CH <sub>4</sub>	metano
– C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	acetileno
– PH <sub>3</sub>	fosfina
– ...	

## 2.6. Nomenclatura ...9

- Nombres de algunos **ácidos inorgánicos**
  - Para las moléculas binarias se usa la terminación –hídrico para el elemento que no es hidrógeno.
    - HCl : ácido clorhídrico
    - H<sub>2</sub>S : ácido sulfhídrico
  - Los oxiaácidos se nombran siguiendo las reglas de los oxianiones, usando los mismos prefijos, pero las terminaciones son –ico, para el mayor número de átomos de oxígeno, y –oso para el menor.
    - HClO<sub>4</sub> : ácido perclórico
    - HClO<sub>3</sub> : ácido clórico
    - HClO<sub>2</sub> : ácido cloroso
    - HClO : ácido hipocloroso

## 2.6. Nomenclatura ...10

### ■ Nombres de los **derivados de los ácidos inorgánicos**

Cuando un ácido pierde uno o más iones hidrógeno se forman aniones.

– Si se pierden todos los hidrógenos ácidos, el nombre del anión se obtiene reemplazando la terminación –íco por –ato y –oso por –ito.

■  $\text{HNO}_3$  ácido nítrico,  $\text{NO}_3^-$  ion nitrato.

■  $\text{HNO}_2$  ácido nitroso,  $\text{NO}_2^-$  ion nitrito.

– Si sólo se pierden algunos hidrógenos ácidos,

■  $\text{HCO}_3^-$ : ion carbonato de hidrógeno (bicarbonato)

■  $\text{HSO}_4^-$ : ion sulfato de hidrógeno (bisulfato),

■  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ : ion fosfato de dihidrógeno.

## 2.6. Nomenclatura ...11

### ■ Nombres de algunos **compuestos orgánicos**

– Alcanos, hidrocarburos en donde cada átomo de carbono está unido a cuatro átomos.

■  $\text{CH}_4$  (metano),  $\text{CH}_3\text{CH}_3$  (etano),  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$  (propano), butano, pentano, hexano, ...

– Alcoholes (grupo –OH, terminación -ol).

■  $\text{CH}_3\text{OH}$  (metanol),  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  (etanol), propanol, butanol, ...

– Alquenos, hidrocarburos con un enlace doble.

■  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$  (etileno), propileno, buteno, ...

– Ácidos carboxílicos (grupo –COOH).

■  $\text{HCOOH}$  (ácido fórmico),  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (ácido acético), ácido propiónico, ...