

# Química

## 2° Bachillerato. Tema 9. Química descriptiva inorgánica y orgánica. Isomería. Polímeros.

### Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2. Química descriptiva inorgánica</b>	<b>3</b>
2.1. Grupo 1. Alcalinos . . . . .	3
2.2. Grupo 2. Alcalino-térreos . . . . .	4
2.3. Grupo 13. Térreos . . . . .	5
2.4. Grupo 14. Carbonoideos . . . . .	6
2.5. Grupo 15. Nitrogenoideos . . . . .	8
2.6. Grupo 16. Anfígenos o calcógenos . . . . .	9
2.7. Grupo 17. Halógenos . . . . .	10
2.8. Grupo 18. Gases nobles . . . . .	11
2.9. El hidrógeno y sus compuestos . . . . .	12
2.9.1. Agua $H_2O$ . . . . .	13
2.9.2. Amoníaco $NH_3$ . . . . .	14
2.9.3. Haluros de hidrógeno y ácidos hidrácidos . . . . .	15
2.10. El oxígeno y sus compuestos . . . . .	16
2.11. El N, el S y sus compuestos ácidos . . . . .	18
2.12. Resumen . . . . .	21
<b>3. Química descriptiva orgánica</b>	<b>23</b>
3.1. Propiedades generales de los compuestos del carbono . . . . .	23
3.2. Principales compuestos orgánicos. . . . .	31
3.3. Isomería . . . . .	31
3.4. Reactividad y mecanismos de reacciones orgánicas . . . . .	35

3.5. Tipos principales de reacciones orgánicas . . . . .	38
3.6. Medicina y Farmacología . . . . .	48
3.7. Resumen: ideas principales . . . . .	48
<b>4. Polímeros</b>	<b>50</b>
4.1. Introducción y clasificación . . . . .	51
4.2. Proceso de polimerización . . . . .	52
4.3. Macromoléculas orgánicas . . . . .	53
4.4. Resumen: ideas principales . . . . .	54
<b>5. ¿Qué hay que saberse?</b>	<b>55</b>

# 1. Introducción

El estudio de las propiedades importantes de los compuestos químicos se realiza en la parte de la Química llamada Química Descriptiva. En ella, se tratan los conocimientos generales y la teoría necesaria para comprender las reacciones y propiedades de los diversos elementos y compuestos. La Química Descriptiva tiene dos partes: inorgánica y orgánica.

En general, la Química descriptiva inorgánica se ocupa del estudio de los grupos representativos, los metales de transición interna y externa. Así como la Química Teórica cuántica aborda hoy los límites del Sistema Periódico moderno y especula con los elementos superpesados (SHE, Super Heavy Elements), y la estructura misma de la Tabla Periódica en el período 8 y posteriores. ¿Hay un límite superior para la producción de elementos con Z y N estables?

Los grupos representativos G1-G2, y G13-G18, son de particular importancia. Su estructura electrónica y estados de oxidación más probables son bien comprendidos en el marco de la Mecánica Cuántica actual. Entendemos sus enlaces, podemos predecir qué tipo de compuestos forman, el estado en el que se encuentran en la Naturaleza, sus principales propiedades y podemos estudiar sus aplicaciones industriales más importantes.

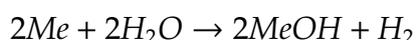
La Química orgánica del carbono es mucho más rica. Incluye también, de forma secundaria, los compuestos de algunos oligoelementos de la Biología (como el nitrógeno, el fósforo, el azufre y otros varios). Les dedicaremos atención separada.

## 2. Química descriptiva inorgánica

### 2.1. Grupo 1. Alcalinos

Están formados por Li, Na, Rb, Cs, y Fr. En ocasiones el hidrógeno se coloca encima de este grupo, pero no pertenece claramente a él por electronegatividad. El francio (Fr) no se encuentra de forma natural en la Naturaleza, dado que su intrínseca inestabilidad en condiciones usuales hace que sólo pueda obtenerse artificialmente. Todos tienen una estructura similar a la del hidrógeno en su última capa,  $ns^1$ , con  $n > 1$ . Su estado de oxidación más estable es +1.

**Propiedades:** son generalmente metales (de hecho, en el caso del hidrógeno, se especula con que pueda serlo en ciertas condiciones extremas de presión y temperatura, como en el centro de Júpiter). Los alcalinos no se encuentran de forma libre en la Naturaleza, ya que reaccionan con facilidad con oxígeno e hidrógeno. Forman compuestos generalmente iónicos. Son fuertemente reductores (muy bajos potenciales de reducción, pierden electrones con facilidad). En estado sólido cristalino iónico son duros a temperatura ambiente y tienen débiles enlaces metálicos. Reaccionan fuertemente con el agua para formar hidróxidos, desprendiendo hidrógeno en el proceso, de tipo



Los hidróxidos más importantes son los hidróxidos de sodio y de potasio, popularmente llamados sosa y potasa cáusticas, que se usan en la fabricación de jabones y para importantes reacciones químicas de tipo ácido-base.

**Obtención:** mediante electrólisis de compuestos iónicos, fundidos o/y secos.

**Interés industrial:** el litio se emplea en reactores nucleares, como agente reductor en síntesis orgánica, en pilas secas y baterías, para mejorar las propiedades mecánicas del aluminio en aeronáutica, en cerámica, para la obtención de vidrios especiales y las sales de litio en medicina psiquiátrica; el sodio es básico en la industria como blanqueador, como reductor en procesos industriales, síntesis orgánica, producción de la gasolina sin plomo, producción de jabones, . . . ; el potasio se emplea sobre todo en la fabricación de células fotoeléctricas; el rubidio es un catalizador de muchas reacciones; el cesio se usa en células fotoeléctricas.

## 2.2. Grupo 2. Alcalino-térreos

Lo forman Be, Mg, Ca, Sr, Ba y Ra. Su estructura electrónica general es  $ns^2$ . Su estado de oxidación más probable es +2.

**Propiedades:** Son elementos metálicos, menos reactivos que los alcalinos, y tienen mayor potencial de ionización que éstos. Tampoco se encuentran libres en la Naturaleza en condiciones usuales, sino formando diferentes compuestos, generalmente de marcado carácter iónico (aunque hay algunos con cierto tipo de enlace covalente). El berilio en particular forma cierto tipo de compuestos covalentes interesantes. Se oxidan en el aire, son reductores y reaccionan con el agua desprendiendo hidrógeno como los

alcalinos formando hidróxidos. A diferencia del grupo 1, muchas de las sales alcalinotérreas son insolubles en agua debido a que las fuerzas de interacción en los alcalino-térreos son mayores en los iones en comparación a la de las sales alcalinas. Son más duros que los compuestos alcalinos en general y dan colores vivos al calentarlos.

**Obtención:** por electrólisis de sales fundidas.

**Interés industrial:** el berilio se usa como material de estructura y en la industria aeronáutica, moderador nuclear y las aleaciones con el cobre son muy usadas; el magnesio se quema en la atmósfera produciendo luz brillante, también se usa en aleaciones para carcasas de ordenadores portátiles, en la industria del motor, para el tratamiento del colon irritable y la osteoporosis, o como laxante en disolución acuosa su hidróxido (o como antiácido estomacal); el calcio se usa en metalurgia como agente reductor, en aleaciones antifricción o depurador; el bario se usa en sistemas de encendido del automóvil, o también en disolución para pruebas de contraste de rayos X. El magnesio es un oligoelemento presente en el cacao, almendras, cacahuetes, judías blancas, legumbres, avellanas, nueces y hojas verdes de hortalizas. Antiguamente el polvo de magnesio se usaba como flash fotográfico. La presencia de carbonatos de magnesio y calcio mide la llamada "dureza" de las aguas naturales. El cemento es esencialmente una mezcla pulverizada de carbonato de calcio (caliza) y arcilla.

### 2.3. Grupo 13. Térreos

Grupo formado por B, Al, Ga, In, y Tl. Configuración electrónica  $ns^2np^1$ . Generalmente forman iones con estado de oxidación +3, aunque galio e indio pueden formar iones con carga +2 e incluso +1. El boro es el único elemento no metal, y además forma hidruros llamados boruros que se construyen a partir del monómero borano ( $BH_3$ ). El borano no se ha aislado, sino que forma dímeros y diferentes polímeros. Este grupo tiene una clara diferencia en su comportamiento en relación al grupo 1 y el grupo 2. Esto es debido al intercalamiento de los metales de transición interna y externa a partir de los períodos 3 y 4. La presencia de orbitales de tipo d y f altera la química de los elementos inferiores de este grupo. Así, salvo el boro, todos son metales. El boro es un semimetal (metaloide en la terminología moderna). La mayoría forman compuestos covalentes y algunos pueden formar enlaces metálicos.

**Propiedades:** Se presentan en estado sólido en la naturaleza, salvo el galio (funde a unos  $29.7^{\circ}\text{C}$ ). El boro y el aluminio no se hallan libres, mientras que el galio, el indio y el talio se presentan como impurezas en otros compuestos metálicos. Con el agua, el boro forma ácidos; el aluminio forma compuestos anfóteros ( $\text{H}_3\text{AlO}_3$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) y los demás forman hidróxidos. Salvo el boro, todos son elementos reductores.

**Interés industrial:** el boro se usa en transistores, en compuestos ultra-duros como el borazón ( $\text{BN}$ , uno de los pocos compuestos y sustancias capaz de rayar el diamante), y para construir elementos de control en centrales nucleares dado que tiene una elevada capacidad de absorber neutrones (elevada sección eficaz de absorción de neutrones); el aluminio, por ligereza y resistencia a la corrosión debido a su óxido (o su brillo estético), se usa en construcción, aeronáutica, industria del motor, utensilios de cocina, papel de envoltura alimentaria, conductor de líneas de tensión, espejos y telescopios, estructuras metálicas varias, . . . ; el galio se usa en transistores y termómetros de alta temperatura y su radioisótopo en Medicina; el indio se emplea en Electrónica y aleaciones antifricción; el talio y sus compuestos son tóxicos para los humanos, habiendo sido usado el sulfato de talio históricamente como raticida, y se usa también en Óptica, Medicina y Electrónica e fotoresistores y bolómetros electrónicos. Como nota final, el aluminio es muy abundante en la Tierra, siendo el tercer elemento más abundante tras el oxígeno y el silicio (el nitrógeno no le contamos en esta cuenta). El 8.13 % de la masa de la Tierra es aluminio. El ácido bórico  $\text{H}_3\text{BO}_3$  se usa como antiséptico, colirio y antiguamente se usaba como conservante de mariscos.

## 2.4. Grupo 14. Carbonoideos

Formado por C, Si, Ge, Sn y Pb. Su configuración general es de tipo  $ns^2np^2$ . Es un grupo particularmente importante por la presencia del carbono, elemento básico para las formas de vida de la Tierra. También destaca por la presencia del silicio, esencial en la industria de la computación actual, el germanio, elemento que fue primordial y lo sigue siendo en las válvulas de vacío o del plomo, importante en baterías y diversas reacciones. Además, el estaño es usado en múltiples aplicaciones como aleación con otros metales.

**Propiedades:** el carbono y el silicio presentan enlace covalente en sus compuestos químicos; los estados de oxidación predominantes son +4 y

+2, pero el carbono puede presentar todos los estados entre +4 y 0, inclusive (0, +1, +2, +3, +4). Cuando actúan con +2 tienen marcado carácter iónico los compuestos (en general); el carbono es un no metal, el silicio (y el germanio) es un semimetal (metaloide) y semiconductor; el estaño y el plomo son metales. El único elemento que se encuentra en estado libre es el carbono y en diferentes formas alotrópicas (incluso algunas exóticas de tipo fullereno en el espacio exterior, hoy día más populares en nanotecnología, como el  $C_{60}$ ,  $C_{70}$ ). El silicio tiene una estructura cristalina similar a la del carbono puro en estado diamante, y forma sílice o arena o cuarzo, silicatos, en formas diversas de  $SiO_2$ . El estaño y el plomo se obtienen de sus minerales o menas correspondientes, como la casiterita  $SnO_2$  y la galena  $PbS$ . El silicio tiene un fuerte carácter reductor, mientras que todos poseen un alto potencial de ionización y son poco activos normalmente en condiciones usuales.

**Interés industrial:** el carbono se usa como combustible en forma de hidrocarburos, el grafeno y grafino se usarán en el futuro gracias a sus innumerables propiedades físicas y químicas, también el carbono se usa para fabricar acero desde la Edad de los Metales, para fabricar lápices (aunque este uso está desapareciendo), electrodos, moderador nuclear, . . . ; el silicio y germanio se usan en Microelectrónica, en transistores y válvulas de vacío, circuitos integrados, chips, células solares, material refractario o fertilizantes; el estaño se usa para fabricar hojalata (latón, en aleación con el hierro), para soldar y prepara bronce (cobre y estaño) y se especula su uso análogo en un nuevo supermaterial llamado estaneno (material hipotéticamente aislante topológico a temperatura ambiente y hasta unos  $100^\circ C$ ), mediante el intercalado de átomos de flúor y con láminas de espesor de un átomo similar al grafeno. El plomo se usa en instalaciones químicas, baterías y en diversos instrumentos como protector frente a la radiación. El plomo es también (o lo era hasta hace poco) un aditivo en las gasolinas, pero al ser venenoso y perjudicial para el medio ambiente se ha venido sustituyendo por otros aditivos en los últimos tiempos.

Otros compuestos interesantes son las siliconas (polímeros derivados del silicio) usadas en Medicina y construcción, o el vidrio ordinario, que se compone de un alto porcentaje de arena, caliza y carbonato de sodio.

## 2.5. Grupo 15. Nitrogenoideos

Está formado por N, P, As, Sb, y Bi. Su configuración electrónica general es de tipo  $ns^2np^3$ . En general, los estados de oxidación más probables son +3, +5, y también -3, en los hidruros, y también +1. El nitrógeno es especial porque tiene todos los estados de oxidación posibles entre 0 y 5, más -3 y -1. El nitrógeno es un no metal tipo, y el fósforo. Por otro lado, arsénico y el antimonio son semimetales, y el bismuto un metal.

**Propiedades:** El nitrógeno es gas a temperatura ambiente, forma de hecho el 79 % de la atmósfera terrestre y está presente en el ADN. El  $N_2$  presenta un enlace triple, con dos enlaces de tipo  $\pi$  y uno de tipo  $\sigma$ ,  $N \equiv N$ . El fósforo no se encuentra libre en la Naturaleza, sino formando fosfatos y forma hasta 4 alótropos estables diferentes, siendo el más abundante el fósforo blanco  $P_4$ . El fósforo es muy reactivo, a diferencia del nitrógeno, que en general es bastante inerte. El arsénico, el antimonio y el bismuto se encuentran en la Naturaleza como óxidos y sulfuros, rara vez en estado libre.

**Interés industrial:** el nitrógeno se usa como materia prima en compuestos nitrogenados para diferentes usos en fertilizantes, sistemas de refrigeración y en la industria del motor; el fósforo se usa para bombas incendiarias, cerillas, fertilizantes; el arsénico es venenoso, luego se usa como insecticida, para mejorar aleaciones o preservador de la madera; el antimonio se usa para mejorar la resistencia de aleaciones, en baterías y acumuladores. El bismuto se usa en aleaciones de bajo punto de fusión, en empastes dentales (sustituyendo al perjudicial mercurio), fusibles eléctricos, . . .

Curiosidad: el bismuto sólido flota sobre su estado líquido, propiedad compartida con el agua y el galio y otros pocos compuestos muy excepcionales.

Dato: el nitrógeno es esencial en aminoácidos, el fósforo forma parte del ADN y ARN, siendo la eliminación de grupos fosfato o su adición un mecanismo esencial para regular la actividad de las proteínas intracelulares. El arsénico, aunque venenoso, es esencial para la vida y está presente en peces y crustáceos.

## 2.6. Grupo 16. Anfígenos o calcógenos

Formado por O, S, Se, Te y Po. Configuración electrónica  $ns^2np^4$ . Estados de oxidación más probables +2, +4 y +6. El oxígeno es especial, porque es necesario para el metabolismo y la vida de los seres humanos en la Tierra, y presenta una química algo extendida, porque presenta también los estados de oxidación -2, -1 (en los peróxidos  $O_2^{2-}$ ), -1/2 (en los llamados superóxidos  $O_2^-$ ) y -1/3 (en los llamados ozónidos  $O_3^-$ ). El oxígeno y el azufre son no metales tipo. El selenio y el telurio (o telurio) son semimetales, el polonio es generalmente considerado un metal (radioactivo).

**Propiedades:** El oxígeno es gas a temperatura ambiente, y forma dos alótropos  $O_2$  y  $O_3$ ; el ozono  $O_3$  es inestable generalmente pero es fundamental para la existencia de la vida en la Tierra porque la capa de ozono nos protege de la radiación ultravioleta (UV) del sol. El  $O_2$  forma hasta un 21 % en volumen de la atmósfera terrestre, forma parte de la molécula de agua y da lugar un importante número de compuestos óxidos, peróxidos, superóxidos y ozónidos con diversos usos y aplicaciones. El azufre también presenta alótropos, y se encuentra libre en la Naturaleza formando cristales covalentes de tipo rómbico o monoclinico, fundamentalmente  $S_8$  en general. Combinado, el azufre se encuentra en la galena  $PbS$ , la blenda  $ZnS$ , la piritita  $FeS_2$  o el cinabrio  $HgS$ . El selenio y el telurio aparecen en impurezas de minerales sulfurados, mientras que el polonio, radioactivo, se obtiene solamente como producto intermedio de la desintegración de otros elementos químicos.

**Interés industrial:** el oxígeno, en su reacción con otros elementos, forma innumerables compuestos útiles orgánicos e inorgánicos, mediante reacción de combustión; la energía en la industria procede de la combustión de diferentes sustancias, esto es, de su reacción con oxígeno. La formación de aceros requiere el uso de oxígeno (por origen e historia, un buen oxidante). El azufre se usa para producir ácido sulfúrico, en procesos de vulcanización, en la fabricación de insecticidas y pomadas o en síntesis orgánica; el selenio se emplea en fotocopiadoras, células solares, para fabricar aceros inoxidables y aleaciones especiales; el telurio es un aditivo para metales como el plomo, porque mejora la resistencia eléctrica, al calor, la corrosión o el choque. El polonio es un elemento usado por la industria nuclear o (tristemente) en armas químicas (como la que envenenó a cierto espía ruso hace tiempo).

Curiosidad: la palabra "anfígeno" significa "generador de sustancias dobles, suciedad", se debe a Berzelius, quien la usaba porque los elementos

de este grupo daban lugar a dos series de ácidos, llamados sulfúricos y tiónicos (con 1 átomo de azufre y 2 átomos, respectivamente). El azufre está presente biológicamente en los aminoácidos cisteína, metionina, homocisteína y taurina, al igual que en algunas enzimas. Los enlaces disulfuro entre polipéptidos son de gran importancia para la estructura de las proteínas, y sus uniones. El azufre forma parte de algunas vitaminas, ayuda al hígado en la secreción de bilis y se halla en coles, legumbres, espárragos, puerros, ajos, cebollas, pescados, quesos y yema de huevo.

Dato: el selenio es un buen antioxidante, ayuda a neutralizar los llamados radicales libres (electrones no apareados, libres), estimula el sistema autoinmune e interviene en el funcionamiento de la tiroides. Se halla en cereales, ajos, carne, pescados y marisco.

## 2.7. Grupo 17. Halógenos

Formado por F, Cl, Br, I y At. Configuración electrónica  $ns^2np^5$ , y estados de oxidación más probables +1,+3,+5,+7 y -1, este último en especial. El flúor es especial porque sólo admite estados de oxidación -1 (o +7, pero es muy raro que pierda esos electrones al estar muy cercanos al núcleo). Los halógenos son elementos no metálicos, siendo el flúor un elemento muy oxidante, el elemento más oxidante que existe de hecho en el Sistema Periódico. Aunque existen en forma molecular como estado  $X_2$ , no se encuentran generalmente libres en la Naturaleza, debido a su alta reactividad. La mena principal del flúor es la fluorita  $CaF_2$ , el cloro se encuentra formando cloruros ( $NaCl$ ,  $KCl$ ,  $MgCl_2$ ) formados por evaporación en mares o lagos. El bromo se encuentra en depósitos salinos en forma de  $NaBr$ ,  $KBr$ ,  $MgBr_2$  y  $CaBr_2$ . El yodo, elemento muy escamoso, se halla en algas secas o como impureza en forma de yodato  $NaIO_3$  junto a yacimientos de  $NaNO_3$ .

**Propiedades:** el flúor es un gas amarillo pálido a temperatura ambiente ( $F_2(g)$ ); el cloro  $Cl_2(g)$  es un gas amarillo verdoso; el bromo  $Br_2(l)$  es un líquido parduzco y rojizo; el yodo  $I_2$  es un sólido de color púrpura oscuro. Todos en general son tóxicos, irritan las mucosas de la nariz y la garganta, mientras que el bromo produce quemaduras al contacto con la piel y debe ser evitado. Son pues, agentes oxidantes energéticos. Sus combinaciones con los metales se llaman haluros metálicos o haluros orgánicos si se combinan con una cadena carbonada u orgánica, formando parte de los compuestos salinos de una u otra clase (inorgánicos u orgánicos). El cloro es soluble en disolventes orgánicas, reacciona con el agua mediante

un proceso REDOX  $Cl_2 + H_2O \rightarrow HCl + HClO$ , que se desplaza hacia los productos en medios alcalinos. Se obtiene por hidrólisis del NaCl en agua.

**Interés industrial:** el flúor se usa en la fabricación de plásticos (teflón) antiadherentes y resistentes a la corrosión, usados también en delicadas operaciones quirúrgicas. Con él se obtienen los compuestos clorofluorocarbonados que se usan en refrigerantes, lubricantes, insecticidas y, hasta finales del siglo XX, en aerosoles (que destruían la capa de ozono). Los iones fluoruro  $F^-$  evitan la caries dental. El cloro se usa en la producción de plásticos, para obtener compuestos blanqueadores de uso doméstico o la pulpa del papel, como gemricida en la esterilización de aguas potables y como materia prima de muchos compuestos. El bromo se usa en la industria de las gasolinas, para la obtención de compuestos orgánicos y en la fabricación de películas fotográficas. El yodo se usa como antiséptico, en forma de tintura de yodo. Participa el yodo, además, en la regulación de la hormona que regula el crecimiento, la tiroxina. La sal yodada KI ayuda a evitar la afección de la tiroides llamada bocio.

Dato: “halógeno” significa etimológicamente “generador de sales” o “generador de luz” (todos sabemos o conocemos la “luz halógena”). Los compuestos de los halógenos se llaman indistintamente haluros o halogenuros. Las sustancias clorofluorocarbonadas (CFC) se suprimieron en los aerosoles al percatarse que destruían la capa de ozono.

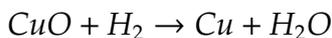
## 2.8. Grupo 18. Gases nobles

Son el He, Ne, Ar, Kr, Xe y el Rn. Su configuración general es  $ns^2np^6$  (configuración llamada octete u octeto electrónico), salvo el helio que tiene  $1s^2$ . En general son compuestos poco reactivos aunque el criptón, el xenón y el radón (en especial el xenón) tienen una Química mucho más amplia y reactiva que el helio, neón o argón. De la Química del xenón ya se habló en este curso en el tema de ácidos y bases, en relación al concepto de superácido. El criptón, el xenón y el radón reaccionan especialmente con elementos de los grupos 16 y 17, dando lugar a interesantes compuestos o hasta complejos organometálicos en algunos casos. El helio se usa como refrigerante y en la industria de la aeroestática, el neón en la industria de la iluminación. El argón es un gas inerte que se emplea en soldaduras y, como el criptón, en los láseres. El xenón se usa en detectores de partículas y en diferentes aplicaciones, dado a la enorme variedad de compuestos que forma (algunos bastante reactivos y explosivos). El radón es radiactivo,

pero está presente de forma natural, luego hay que evitar que se acumule en lugares oscuros y profundos con una buena ventilación (es un gas pesado). Se piensa que el elemento E118, de nombre sistemático ununoctium (ununoctio), no será un gas pese a que esté en esta columna donde todos son gases. Si lo fuera, sería uno de las sustancias gaseosas más densas conocidas.

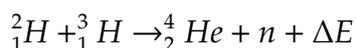
## 2.9. El hidrógeno y sus compuestos

El hidrógeno es el elemento más simple y abundante del Universo visible. Su isótopo más abundante, llamado protio (o hidrón), tiene configuración  $1s^1$ , y consta de un protón y un neutrón. Tiene dos isótopos, el deuterio y el tritio (D, T). Es un elemento muy ligero y poco denso, y el agua pesada  $D_2O$  forma parte de moderador en los reactores nucleares. El tritio es inestable y se obtiene en reacciones nucleares y como residuo en forma de agua superpesada  $T_2O$ . Las propiedades físicas y químicas del hidrógeno son muy diferentes en general de los elementos alcalinos, por lo que se pone a parte o bien encima del litio con “cuidado” de advertir su situación ahí. Su estado de oxidación más habitual es -1 y +1. Se encuentra como molécula diatómica en la atmósfera y en el espacio, es un gran reductor y forma agua con el oxígeno. Reacciona con óxidos metálicos violentamente, obteniendo éstos en estado libre junto al agua. Por ejemplo:



El interés industrial del hidrógeno es enorme. Se emplea como reactivo en síntesis orgánica (hidrogenación de compuestos), como materia prima en síntesis de amoníaco, HCl, hidruros metálicos, en la industria petroquímica, soldadura y como combustible en industria aeroespacial.

El proceso de fusión nuclear, que ocurre en estrellas como nuestro sol, se intentará producir en los reactores de fusión mediante fusión por confinamiento y plasmas a muy alta temperatura. La energía de la fusión, sin ser totalmente limpia, es mucho mayor y más limpia que la de los reactores de fisión actuales:



Sin embargo, se requieren millones de grados para tal reacción nuclear, y debe realizarse en reactores especiales por confinamiento magnético o inercial (antiguos Tokamak, o futuros reactores como ITER o los que se usan en el NIF). El plasma originado, un estado de la materia diferente del

estado sólido, líquido o gas al ser esencialmente núcleos con electrones no ligados en forma de “sopa”, un gas electrificado esencialmente, es esencial para el desarrollo energético de la especie humana.

Los hidruros son los principales compuestos del hidrógeno. Los hidruros no metálicos resultan al combinarse el H y un no metal, mientras que los hidruros metálicos se forman con hidrógeno y un metal. Los hidruros metálicos son polares e iónicos, predominantemente alcalino o alcalino-térreo, mientras que los hidruros no metálicos son polares y covalentes.

### 2.9.1. Agua $H_2O$

El agua es la sustancia química más importante para la vida, la sustancia más abundante en la Tierra, y la sustancia más abundante en los seres humanos. Se presenta en 3 estados principalmente, aunque en estado sólido, líquido y gas. Presenta numerosas propiedades peculiares que la hacen especial frente a otras sustancias. Además, se la considera (falsamente) disolvente universal. El agua presenta hibridación  $sp^3$  y geometría angular, con dos pares de electrones no apareados. Sus enlaces son pues polares, y eso le permite disolver compuestos iónicos. A presión atmosférica, presenta puntos de fusión y ebullición anormalmente altos ( $0^\circ C$ ,  $100^\circ C$ ). Ello es debido a la presencia de enlaces por puente de hidrógeno entre el hidrógeno con el oxígeno, según vimos en el tema de enlace químico y fuerzas intermoleculares. En estado sólido, sus moléculas presentan una estructura ordenada, y de hecho hay diferentes tipos de cristales de hielo. En general, el agua sólida deja mucho espacio libre entre sus moléculas, tiene menor densidad que el agua líquida (anomalía peculiar que pocas sustancias poseen) y de esta forma el hielo flota sobre el agua.

El agua es una sustancia anfótera, y puede actuar como ácido o base según el tipo de sustancia que reaccione con ella. Las moléculas de agua también permiten formar compuestos de adición llamados hidratos o compuestos hidratados: mediante disolución acuosa, muchas sales retienen moléculas de agua en sus estructuras cristalinas, manteniendo una composición fija, teniendo unas propiedades peculiares como compuestos químicos. El agua pesada y superpesada se forma con los isótopos del hidrógeno deuterio y tritio. El agua dura contiene sales disueltas que impiden que los jabones formen espumas. Para “ablandar” este tipo de agua, se deben eliminar los iones  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  responsables de la dureza del agua.

Algunos compuestos hidratados o hidratos son:

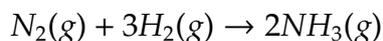
	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$
Sosa para lavar	
	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Yeso	
	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$
Sal amarga empleada para preparar cemento	
	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$
Vitriolo azul usado en galvanoplastia	
	$CoCl_2 \cdot 6H_2O$
Indicador de humedad	
	$MnCl_2 \cdot 4H_2O$
Fertilizante	
	$PdCl_2 \cdot 2H_2O$
Para viraje en fotografía	
	$CaCl_2 \cdot 6H_2O$

Deshidratante en forma anhidra Dato: el agua tiene una estructura que forma clústers, que sólo a principios del s.XXI está empezando a comprenderse mediante el uso de computadores y simulaciones en ordenadores, mediante los principios de la Química Cuántica. Su momento dipolar es de 1.85D (debye)

### 2.9.2. Amoníaco $NH_3$

Sustancia conocida desde la antigüedad, debido a la putrefacción de la materia orgánica nitrogenada. Su estructura molecular se basa en hibridación  $sp^3$  y geometría piramidal triangular, con un par de electrones libres en el cima de la pirámide. Los enlaces son polares, y hay un momento dipolar no nulo de 1.45D. La existencia de estos dipolos fuertes, puente de hidrógeno, hace que los puntos de fusión sean relativamente elevados aunque menores que los del agua ( $-78^\circ C$  y  $-33^\circ C$ ). Su estado natural es gaseoso, con un olor penetrante que lo caracteriza. Es soluble en agua, y forma hidróxido amónico  $NH_4OH$ , base débil.

Es un buen reductor, lo que se usa para la síntesis del ácido nítrico  $HNO_3$ ,  $4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 6H_2O + 4NO$ . Para la síntesis del amoníaco se usa la reacción directa

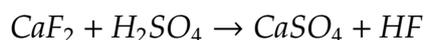


Este proceso es exotérmico, -92.4kJ se liberan al producir amoníaco. Las aplicaciones industriales del amoníaco son diversas: síntesis del  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$ , y de sales amónicas, fabricación de colorantes, plásticos, productos de limpieza y fertilizantes, refrigerante de algunos dispositivos, . . . En los vertidos de amoníaco hay que tomar precauciones porque éste es inflamable y, por tanto, hay que usar trajes de protección con equipos de respiración autónomos. El amoníaco se suele eliminar con bacterias aerobias, que lo transforman en nitratos, o anaerobias, que lo transforman en gas. Los principales derivados del amoníaco son: cloruro de amonio  $NH_4Cl$ , sólido blanco que se obtiene al combinar HCl y amoníaco, y empleado como fertilizante, en curtidos, mientras que su disolución acuosa provoca hidrólisis y propiedades ácidas a la disolución resultante; nitrato de amonio  $NH_4NO_3$ , salitre de Noruega, obtenido por combinación del amoníaco y el ácido nítrico, que se emplea como aditivo de fertilizantes, explosivo, insecticida, mezclas frigoríficas, . . .

### 2.9.3. Haluros de hidrógeno y ácidos hidrácidos

Las combinaciones de hidrógeno con un halógeno, de tipo HX, son compuestos de tipo covalente y polares, que en el caso del flúor contiene puente de hidrógeno y polaridad 1.91D. En ocasiones el fluorano HF se representa como  $H_2F_2$  porque dos moléculas de fluorano están generalmente fuertemente unidas. A temperatura ambiente, los compuestos de tipo HX son gases de olor muy irritante, muy solubles en agua y con propiedades ácidas (se llamaban antiguamente hidrácidos).

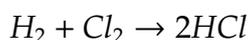
El HF es la disolución acuosa del gas fluorano. Es muy tóxico, irritante y corrosivo. Es un ácido débil que se obtiene calentando fluorita en un ambiente de ácido sulfúrico concentrado



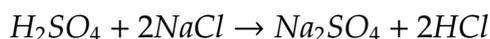
En contacto con muchos metales desprende el ácido fluorhídrico hidrógeno, aunque no reacciona con los metales nobles (Cu, Ag, Au) ni con el plomo (Pb). Ataca a los silicatos y los vidrios, y se usa para realizar grabados opacos sobre cristal. Como el HF ataca el vidrio, antiguamente se debía guardar en botellas de porcelana. Hoy también se guarda en botellas de

plástico inatacable por ácidos.

El HCl, antiguamente llamado ácido muriático o ácido clorhídrico (hoy clorano), es el resultado de disolver cloruro de hidrógeno en agua. Desprende vapores de HCl que producen irritación pulmonar, quemaduras en la piel y por ingestión, quemaduras en el sistema digestivo. En los jugos gástricos se encuentra en proporción baja (menos de un uno por ciento). Es un ácido fuerte que posee propiedades reductoras, ataca a muchos metales formando cloruros metálicos y desprendiendo hidrógeno gaseoso. Su mezcla con ácido nítrico se llama agua regia, capaz de oxidar oro y el platino, disolviéndolos. Es el ácido inorgánico más usado, tras el ácido sulfúrico, y se obtiene por síntesis directa de sus elementos



o mediante la reacción del ácido sulfúrico con cloruro de sodio



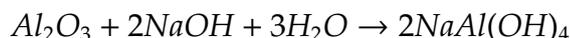
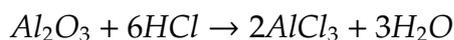
El interés industrial de los haluros de hidrógeno es el siguiente: el HF se usa como catalizador en reacciones de alquilación, isomerización, deshidrogenación y polimerización. El HF se usa para la producción de flúor gas y fluoruro de aluminio, en la fabricación de acero, refinado de uranio y como aditivo en combustibles de propulsión de cohetes. El HCl se usa para el dcapado de metales (eliminación de las capas de óxido existentes en recubrimientos metálicos y aleaciones), en la industria de curtidos, en la industria petrolífera para recuperar el petróleo de los pozos por disolución de las rocas y para desatascar cañerías, para obtener tintes y jabones, regenerador de resinas o reactivo en análisis químico. El HBr y el HI se usan para fabricar compuestos orgánicos y en investigaciones químicas de diferente tipo.

## 2.10. El oxígeno y sus compuestos

El oxígeno forma óxidos, peróxidos, superóxidos y ozónidos, aunque nos centraremos en las aplicaciones y propiedades de los primeros, hay algunos compuestos de tipo peróxido importantes, como el peróxido de hidrógeno (agua oxigenada  $H_2O_2$ ), el peróxido de bario  $BaO_2$ , el superóxido de hidrógeno  $HO_2$ , el superóxido de sodio  $NaO_2$  o los ozónidos de hidrógeno y potasio  $HO_3$ ,  $KO_3$ .

Hay tres tipos principales de óxidos:

- Óxidos básicos. Son generalmente óxidos de tipo metal, de los grupos 1 y 2 especialmente. Son sólidos de tipo iónico. Los óxidos de los grupos 1 y 2 son además muy solubles en agua, con la que producen hidróxidos. El carácter básico aumenta a medida que descendemos en el grupo.
- Óxidos ácidos. Son óxidos de no metales, generalmente de tipo covalente, y se presentan como gases o líquidos a temperatura ambiente. Al reaccionar con el agua producen ácidos, y ese carácter aumenta si descendemos en el grupo.
- Óxidos anfóteros. Formados por combinaciones de oxígeno con semimetales y algunos elementos de transición (centro del sistema periódico). En estos casos, el enlace es de tipo iónico-covalente, por regla general (aunque no por norma siempre), son insolubles en agua, pudiendo reaccionar como bases o como ácidos. Ejemplos de este anfoterismo lo proporciona el trióxido de dialuminio



Los óxidos de azufre tienen propiedades interesantes

- El  $SO_2$  es un gas corrosivo, venenoso e irritante, que en estado libre se encuentra en los vapores de los volcanes y la atmósfera de las ciudades con mucha polución e industria, dado que el carbón que en ellas se consume contiene trazas de azufre y que se desprenden en la combustión en forma de  $SO_2$ .
- El  $SO_3$  es un líquido que ebulle a  $45^\circ C$ , oleoso y muy denso. La oxidación en el aire de vapores de  $SO_2$  produce  $SO_3$ , y de esta forma se produce  $SO_3$  en los núcleos urbanos e industriales, con la formación de lluvia ácida cuando éste se combina con el agua.

La estructura electrónica y molecular del  $SO_2$  y del  $SO_3$  son bastante sencillas. El  $SO_2$  tiene dos estructuras resonantes formadas por un enlace simple  $S-O$  y un enlace doble  $S=O$ , siendo el enlace simple uno de tipo coordinado. El  $SO_3$  tiene 3 estructuras resonantes, formadas por 2 enlaces covalentes coordinados  $S-O$  y un enlace doble  $S=O$ . La molécula de  $SO_2$  es angular, debido al par no enlazante, mientras que la del  $SO_3$  es triangular plana con ángulos de enlace  $120^\circ$ . En ambos casos, esto sugiere una hibridación  $sp^2$  para el azufre, en el caso del  $SO_2$  con dos enlaces de tipo sigma con cada

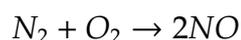
oxígeno, y con 3 en el caso del  $SO_3$ . El  $SO_2$  se usa como conservante en la industria alimentaria bajo el nombre E220.

El interés industrial de los óxidos de azufre es múltiple: el dióxido de azufre se usa para blanquear la celulosa, el papel y la lana, desinfectante y fungicida. Se utiliza  $SO_2$  en el proceso de fermentación de vinos y conservas. En joyería se usa para reducir metales preciosos. En cambio, el  $SO_3$  se usa en la fabricación de ácido sulfúrico y síntesis orgánica.

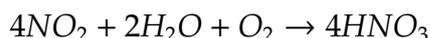
## 2.11. El N, el S y sus compuestos ácidos

El nitrógeno forma diferentes óxidos con propiedades interesantes:

- El  $NO$  es un gas a temperatura ambiente y es una materia prima esencial para obtener ácido nítrico  $HNO_3$ . Se encuentra libre en la naturaleza y se forma por reacción directa de gas nitrógeno y oxígeno molecular



- El  $NO_2$  es un gas venenoso y corrosivo de color pardo rojizo o café, que en las tardes de días soleados parece una especie de neblina que cubre las ciudades y produce la contaminación atmosférica causante de numerosos problemas de tipo respiratorio. Este óxido reacciona con vapor de agua y oxígeno para producir ácido nítrico, otro ácido de los que forman la lluvia ácida de las ciudades



El  $NO_2$  forma polímeros de tipo  $N_2O_4$ . El  $NO_2$  es un compuesto molecular de forma angular, y tiene 2 estructuras resonantes, con un enlace doble, un enlace simple y con un radical libre (electrón solitario no apareado). Junto al  $NO$ , el  $NO_2$  es responsable de la destrucción de la capa de ozono actualmente.

- $N_2O$ , llamado popularmente gas de la risa. Provoca alucinaciones, y se usa como narcótico en Medicina. Es un gas de poderoso efecto invernadero.

NOTA: La contaminación por la combustión incompleta de la gasolina tiene la reacción siguiente



también puede provocar la aparición de ácido carbónico en agua, debido a procesos industriales.

El ácido nítrico  $HNO_3$ , antiguamente llamado agua fuerte por su capacidad de disolver metales, es un líquido incoloro, soluble en agua, que se descompone por acción de la luz produciendo  $NO_2$ , lo que le proporciona un color amarillento. La molécula de  $HNO_3$  presenta estructura triangular plana, con ángulos de enlace  $N - O$  de  $120^\circ$ , con dos estructuras resonantes que poseen un enlace doble  $N = O$ , un enlace usual  $N - O$  y uno covalente coordinado  $N - O$ . Es un ácido muy fuerte de gran poder oxidante, lo que le otorga la capacidad de disolver la mayor parte de los metales, incluso aquellos que no son disueltos por ácidos no oxidantes. Se obtiene industrialmente mediante el método de Ostwald:

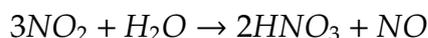
- Primera etapa: oxidación del amoníaco a  $800^\circ C$  en presencia de catalizador de platino



- Segunda etapa: oxidación del óxido nítrico por mezcla con el aire



- Tercera etapa: combinación con el agua del dióxido de nitrógeno resultante



El ácido nítrico obtenido tiene una riqueza entre el 50 y 60 por ciento, dependiendo de la presión, hasta un máximo en torno al 69 %. Si se quiere mayor concentración, hay que usar otros métodos, como la destilación de este ácido en presencia de deshidratantes como ácido sulfúrico. El agua regia, es una combinación de ácido nítrico y  $HCl$  en proporción 1:3. En los vertidos de ácido nítrico hay que tener especial cuidado porque provoca la combustión de sustancias inflamables. Se elimina con la reacción de neutralización mediante adición de carbonato de sodio y abundante agua. El  $HNO_3$  es un ácido fuerte, agente oxidante y nitrante de muchos compuestos orgánicos. Además, el ácido nítrico se usa para la preparación de nitratos que se usan como abonos nitrogenados, explosivos como el TNT y la trilita, obtención de plásticos y tratamientos para recubrimientos de metales por pasivado. Los derivados principales del ácido nítrico son:

- Nitrato de sodio  $NaNO_3$ . Se encuentra en la Naturaleza en forma de nitrato de Chile o caliche. Puede obtenerse también por reacción directa del ácido nítrico y el carbonato de sodio. Se usa como fertilizante, conservante alimentario (E251) y en la industria del vidrio.

- Nitrato de potasio  $KNO_3$ . Llamado también salitre. Se obtiene por reacción del ácido nítrico con hidróxido de potasio. Es un componente de la popular pólvora y se emplea como explosivo, fertilizante, en Medicina y síntesis de colorantes.
- Nitrato de plata  $AgNO_3$ . Se encuentra en forma de cristales incoloros que se oscurecen por acción de la luz. Se usa en Medicina para frenar hemorragias por cauterización y para platear objetos. Antiguamente usado en fotografía.

El ácido sulfúrico  $H_2SO_4$  es el compuesto químico inorgánico de mayor importancia industrial, dado que la industria química en algún momento lo usa en alguna fase para preparar productos. Es un líquido incoloro, aceitoso (llamado antiguamente aceite de vitriolo) y bastante denso. Es soluble en agua en cualquier proporción, y este proceso desprende calor, aunque hay que ser cuidadosos como con cualquier ácido. Cualquier ácido concentrado en contacto con agua produce calor y puede evaporar agua salpicando y produciendo quemaduras ácidas.

El  $H_2SO_4$  tiene dos enlaces simples  $H - O$ , y cuatro enlaces  $S - O$ , dos covalentes usuales y 2 covalentes coordinados. Puede actuar como ácido fuerte, oxidante y deshidratante. Produce sales importantes, los sulfatos y los hidrogenosulfatos o sulfatos ácidos. Como agente oxidante, tiene menos poder que el ácido nítrico. Como agente deshidratante, es capaz de arrancar hidrógeno y oxígeno de compuestos orgánicos, carbonizándolos y formando moléculas de agua. Por ejemplo, con la sacarosa



Este efecto es el responsable de su ataque al papel, vestidos, tejidos, piel y mucosas, porque todos ellos tienen alto contenido en agua. La obtención industrial de  $H_2SO_4$  se realiza mediante método de contacto desde el año 1900, lo que permite obtener purezas de hasta un 98 %. Para este método, se usa de materia prima azufre o pirita, que permite obtener el  $SO_2$  necesario. Se purifica, se lava con agua y se trata con ácido concentrado. En una cámara catalítica, con platino sobre soporte esponjoso, se introduce oxida el  $SO_2$  que se oxida con aire para obtener  $SO_3$ . Finalmente, se introduce en una torre de absorción el  $SO_3$  formado donde se disuelve con ácido sulfúrico concentrado. No se trata el  $SO_3$  con agua directamente, por ser un proceso demasiado lento (que sin embargo se produce en la atmósfera de las ciudades en forma de lluvia ácida).

El interés industrial del  $H_2SO_4$  es su multiplicidad de usos: preparación de

fertilizantes, refino de petróleo y derivados, industria textil y la industria orgánica, preparación de otros compuestos, limpiado de superficie de aceros, en pilas y acumuladores, fabricación de explosivos, . . .

Los derivados del ácido sulfúrico más importantes son los sulfatos y los hidrógenosulfatos. El sulfato de bario  $BaSO_4$  se usa en Medicina en pruebas de contraste, el sulfato de calcio se emplea como tiza o fertilizante, el sulfato de potasio como fertilizante y para fabricar explosivos. Y hay muchas aplicaciones que no se estudiarán aquí.

## 2.12. Resumen

- Los elementos del grupo 1, alcalinos, tienen configuración  $ns^1$ , carácter metálico, en estado natural se presentan combinados, el enlace que presentan es de tipo iónico, tienen potenciales de ionización bajos, reactividad alta, son fuertemente reductores, sus compuestos más importantes son los hidróxidos y reaccionan con agua desprendiendo hidrógeno.
- Los elementos del grupo 2, alcalino-térreos, tienen configuración  $ns^2$ , carácter metálico, se presentan en estado natural combinados, presentan enlace iónico, potenciales de ionización medios, alta reactividad, son fuertemente reductores, sus compuestos más importantes son los hidróxidos y reaccionan con agua, aunque muchas de sus sales son insolubles.
- Los elementos del grupo 13, térreos, son metales salvo el boro (semimetal). Su configuración general es  $ns^2np^1$ . Se presentan en estado libre salvo el B y el Al, tienen enlace generalmente iónico, potenciales de ionización medios, reactividad media, son reductores salvo el B, y los compuestos más importantes son los aluminatos. No reaccionan con agua en general.
- Los elementos del grupo 14, carbonoides, tienen configuración  $ns^2np^2$ . Son no metales, semimetales o metales. Se presentan combinados, salvo el carbono, que puede encontrarse puro en forma de diamante o grafito y otros alótropos. Presentan enlace generalmente covalente, potenciales de ionización elevados, reactividad media, y el único con carácter reductor es el silicio. Sus compuestos principales son óxidos y sulfuros.

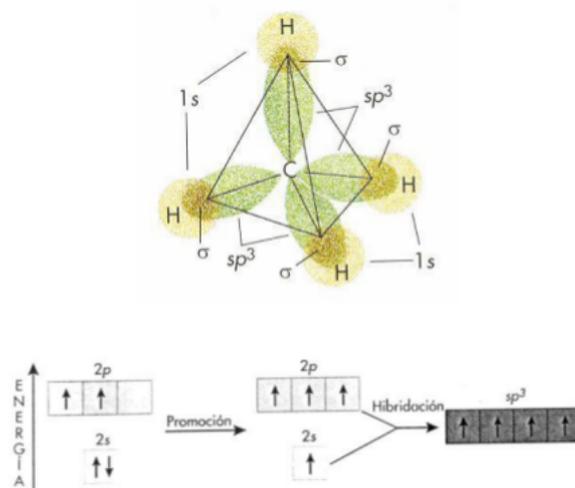
- Los elementos del grupo 15, nitrogenoides, con configuración general  $ns^2np^3$ . Son no metales, semimetales o metales, se presentan combinados o en estado puro gas (el N). Presentan enlace covalente, altos potenciales de ionización, reactividad media, y carácter reductor el P, mientras que el N es inerte. Forman nitratos y fosfatos como compuestos más importantes.
- Los elementos del grupo 16, anfígenos, con configuración  $ns^2np^4$ , o calcógenos. Son no metales o semimetales, se presentan en estado libre el O y el S, y originan enlaces covalentes en general. Con altos potenciales de ionización, y alta reactividad, el oxígeno tiene alto poder oxidante (el origen de las reacciones de oxidación se debe a él), mientras que los principales compuestos son óxidos, hidróxidos, sulfatos, sulfuros.
- Los elementos del grupo 17, halógenos, con configuración  $ns^2np^5$ . Son no metales que se presentan combinados en la Naturaleza formando compuestos covalentes. Tienen muy alto potencial de ionización, muy alta reactividad, son muy oxidantes y forman haluros como compuestos más importantes.
- Los hidruros metálicos son combinaciones de metal e hidrógeno,  $MeH$ , con enlace generalmente iónico.
- Los hidruros no metálicos son combinaciones de no metal e hidrógeno, generalmente covalentes y polares. Algunos anfóteros como  $H_2O$  y  $NH_3$ .
- Los haluros de hidrógeno en disolución acuosa, son sustancias covalentes, polares, ácidas. Ejemplos comunes son HCl, HF, HBr, HI.
- Hay 3 tipos de óxidos: ácidos, básicos y anfóteros.
- Algunos óxidos de interés:  $SO_2, SO_3, N_2O, NO, NO_2$ .
- Algunos ácidos de interés:  $HNO_3, H_2SO_4, HCl$ .
- Molaridad:  $M = n_s/V(L)_d$ .
- Concentración en g/L:  $C(g/L) = (\text{masa en gramos de soluto})/(\text{volumen en litros de disolución})$ .
- Concentración en % en masa:  $C(\%, m) = 100(\text{masa en gramos de soluto})/(\text{masa en gramos de disolución})$ .
- Fracción molar  $\chi_s = (\text{moles de soluto})/(\text{moles totales de disolución})$ .

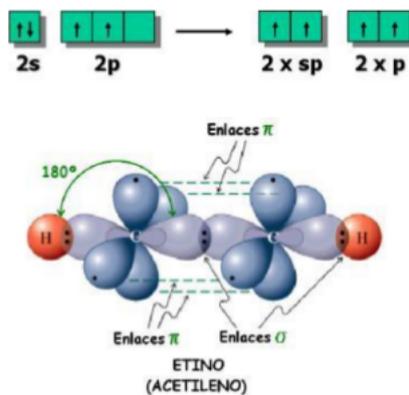
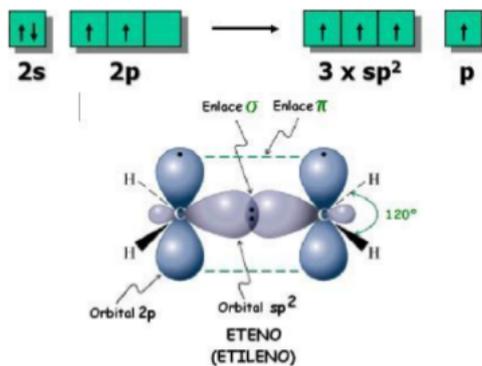
### 3. Química descriptiva orgánica

La Química orgánica se llama generalmente también Química del carbono, aun cuando existen compuestos "orgánicos" sin éste, la mayor parte de compuestos biológicos contienen cadenas carbonadas.

#### 3.1. Propiedades generales de los compuestos del carbono

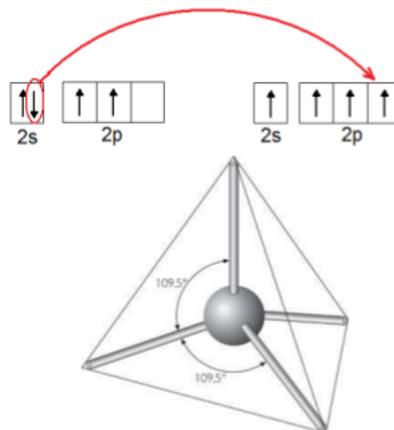
El carbono puede formar compuestos en forma de cadenas. Aunque se suelen representar linealmente, en realidad tienen una forma de zigzag porque el carbono presenta generalmente geometría tetraédrica al formar enlaces simples. De hecho, sabemos que los enlaces simples  $C - C$  y  $C - H$  suelen presentar geometría molecular tetraédrica, hibridación  $sp^3$ , ángulos de enlace de unos  $109^\circ$  y de tipo sigma. Sin embargo, el carbono puede formar enlaces dobles, por ejemplo  $C = C$  y  $C = O$ , con geometría triangular plana habitualmente, ángulos de enlace de  $120^\circ$  e hibridación  $sp^2$ . En tal caso hay un enlace de tipo  $\sigma$  y otro de tipo  $\pi$ . Finalmente, es posible también el enlace triple  $C \equiv C$  o  $C \equiv N$ , o también dos enlaces dobles  $C = C = C$ ,  $C = C = O$ , en los que la geometría suele ser lineal y la hibridación de tipo  $sp$ , con un enlace  $\sigma$  y dos de tipo  $\pi$  en el caso del triple enlace, y dos de tipo  $\sigma$  y dos de tipo  $\pi$  con los dos enlaces dobles. El boro, el nitrógeno o el silicio no presentan tanta variedad de enlace. Además, el carbono puede presentar cadenas abiertas o cerradas, con ramificaciones más o menos abundantes, y formando compuestos cíclicos o estructuras muy complejas.





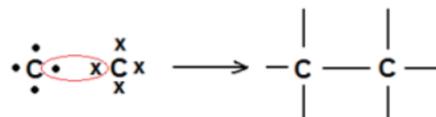
El átomo de carbono presenta  $Z = 6$ . Si realizamos su configuración electrónica resulta la siguiente:  $1s^2 2s^2, 2p^2$

El átomo de carbono tiene la capacidad de provocar la promoción de un electrón del orbital 2s al 2p vacío mediante la absorción de energía lo que le confiere una tetravalencia que condiciona su comportamiento químico, de tal manera que presenta 4 electrones desapareados en la capa de valencia que se disponen lo más alejados posible entre ellos para obtener una mayor estabilidad.



Como consecuencia de éstas características los átomos de carbono pueden enlazar entre sí de tres formas distintas:

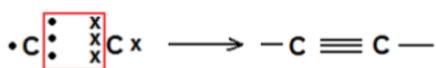
**Enlace simple:** los dos átomos comparten un par de electrones, quedando a cada uno de ellos 3 valencias libres. Se representa:



**Enlace doble:** Los átomos de carbono comparten dos pares de electrones, quedando 2 valencias libres a cada uno

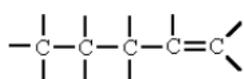


**Enlace triple:** Los átomos de carbono comparten tres pares de electrones, por lo que cada uno de ellos presenta una sólo posibilidad de enlace

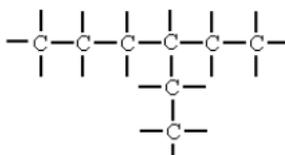


Los electrones que no participan en los enlaces se disponen de tal manera que la repulsión entre ellos es mínima, con lo que el sistema resultante es muy estable.

**Cadena alifática o abierta:**

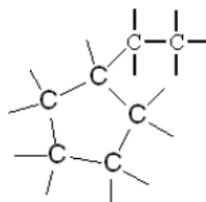
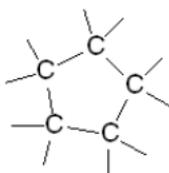


lineal



ramificada

**Cadena cerrada o cíclica:**



cerrada con ramificaciones

En Química orgánica, una fórmula molecular puede dar lugar a distintos compuestos, dependiendo de cómo se unen los diferentes átomos. De esta forma, la molécula  $C_3H_6O$  puede representar a la propanona  $CH_3 - CO - CH_3$ , el propanal  $CH_3 - CH_2 - CHO$ , o el propenol  $CH_2 = CH - CH_2OH$ . El uso de diferentes formas de representar la molécula de forma más o menos desarrollada se denomina fórmula desarrollada (cuando se escriben todos los enlaces explícitamente, incluyendo los de los hidrógenos) o la fórmula semidesarrollada, en donde los hidrógenos no se escriben explícitamente. Por tanto, además de distinguir entre fórmula

empírica y molecular, hay diferentes formas de representación (desarrollada o semidesarrollada) de las diferentes sustancias o especies químicas orgánicas. Incluso, la representación de estructuras mucho más complejas puede sintetizarse más usando líneas quebradas para las cadenas y sin escribir los átomos de carbono, cuyos enlaces estarían indicados por los vértices. Finalmente, hoy día también se usa la representación espacial o tridimensional de las moléculas para comprender totalmente su estructura y reactividad, especialmente útil en simulaciones computacionales de las sustancias. Antiguamente, esta representación espacial se realizaba mediante modelos de bolas y varillas o de esferas interpenetradas. Es importante recordar que los propios enlaces covalentes son enlaces dirigidos espacialmente, en general, y por tanto, las moléculas orgánicas tienen una geometría específica aun cuando se representen de forma plana.

Se llama **grupo funcional** al átomo o conjunto de átomos que le dan a un compuesto orgánico una serie de propiedades características. Por ejemplo, son grupos funcionales las aminas  $-NH_2$ , las cetonas  $-C = O-$ , o el triple enlace de los alquinos  $-C \equiv C-$ , los alcoholes  $-OH$  y otros varios. Todos los grupos funcionales se nombran de acuerdo a una serie de reglas conocidas y dadas por la IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry). Las funciones orgánicas usuales y sus grupos, con los prefijos y sufijos, se representan en la siguiente tabla (indicados por orden de referencia y preferencia también):

<b>Función</b>	<b>Nom. grupo</b>	<b>Grupo</b>	<b>Nom.(princ.)</b>	<b>Nom.(second)</b>
Ácido carboxílico	carboxilo	R-COOH	ácido ...oico	carboxi (incluye C)
Éster	éster	R-COOR'	...ato de ...ilo	...oxicarbonil
Amida	amido	R-CONR'R	...amida	amido
Nitrilo	nitrilo	R-CN	...nitrilo	ciano (incluye C)
Aldehído	carbonilo	R-CH=O	...al	formil (incluye C)
Cetona	carbonilo	R-CO-R'	...ona	oxo
Alcohol	hidroxilo	R-OH	...ol	hidroxi
Fenol	fenol	-C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	...fenol	hidroxifenil
Amina (primaria) (secundaria) (terciaria)	Amino " "	R-NH <sub>2</sub> R-NHR' R-NR'R''	...ilamina ...il...ilamina ...il...il...ilamina	amino
Éter	Oxi	R-O-R'	...il...iléter	oxi...il
Nitrocompuesto	Nitro	R-NO <sub>2</sub>	nitro...	nitro

<b>Función</b>	<b>Nom. grupo</b>	<b>Grupo</b>	<b>Nom. (princ.)</b>	<b>Nom. (second)</b>
Ácido carboxílico	carboxilo	R-COOH	ácido ...oico	carboxi (incluye C)
Éster	éster	R-COOR'	...ato de ...ilo	...oxicarbonil
Amida	amido	R-CONR'R	amida	amido
Nitrilo	nitrilo	R-C≡N	nitrilo	ciano (incluye C)
Aldehído	carbonilo	R-CH=O	...al	formil (incluye C)
Cetona	carbonilo	R-CO-R'	...ona	oxo
Alcohol	hidroxilo	R-OH	...ol	hidroxi
Fenol	fenol	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	...fenol	hidroxifenil
<b>Función</b>	<b>Nom. grupo</b>	<b>Grupo</b>	<b>Nom.(princ.)</b>	<b>Nom (sec)</b>
Amina (primaria) (secundaria) (terciaria)	Amino " "	R-NH <sub>2</sub> R-NHR' R-NR'R''	...ilamina ...il...ilamina ...il...il...ilamina	amino
Éter	Oxi	R-O-R'	...il...iléter	oxi...il
Hidr. etilénico	alqueno	C=C	...eno	...en
Hidr. acetilénico	alquino	C≡C	...ino	Ino ( <i>sufijo</i> )
Nitrocompuesto	Nitro	R-NO <sub>2</sub>	nitro...	nitro
Haluro	halógeno	R-X	X...	X
Radical	alquilo	R-	...il	...il

La clasificación general habitual de los compuestos orgánicos se puede resumir en el siguiente esquema sencillo

### CLASIFICACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS



En ocasiones, es conveniente saber o conocer las fórmulas generales de los compuestos orgánicos más simples y significativos (especialmente útil en isomería y en diversos problemas prácticos). Los más habituales, suponiendo además por simplicidad sólo un grupo funcional y sin más de un enlace múltiple:

- Alcanos  $C_nH_{2n+2}$ .
- Alquenos  $C_nH_{2n}$
- Alquinos  $C_nH_{2n-2}$ .
- Cicloalcanos  $C_nH_{2n}$ .
- Alcoholes  $C_nH_{2n+2}O$ .
- Aldehídos  $C_nH_{2n}O$ .
- Cetonas  $C_nH_{2n}O$ .
- Éteres  $C_nH_{2n+2}O$ .
- Ácidos carboxílicos  $C_nH_{2n}O_2$ .

- Aminas primarias  $C_nH_{2n+1}NH_2$ .

Las condiciones de que sólo haya una función o grupo funcional, y sólo un enlace múltiple son importantes. Por ejemplo, un alcohol que posea un doble enlace tiene fórmula  $C_nH_{2n}O$ , similar a la de aldehídos y cetonas.

Una **serie homóloga** es un conjunto de compuestos orgánicos que tienen el mismo grupo funcional, pero la cadena carbona se incrementa con diferente cantidad de metileno  $-CH_2-$ . Las propiedades químicas de las series homólogas son similares, aunque la diferencia de masa influye en la temperatura de fusión de sustancias apolares, especialmente en los alcanos. También ocurre lo mismo con el punto de ebullición, que se incrementa al aumentar el número de metilenos, aunque disminuye a medida que aumentan las ramificaciones porque disminuye la superficie de contacto, algo que desfavorece las interacciones de Van der Waals. Las sustancias con grupos funcionales que pueden establecer uniones intermoleculares de puentes de H (alcoholes, ácidos carboxílicos, aminas) pueden formar sustancias líquidas o sólidas a temperatura ambiente, incluso cuando sean relativamente pequeñas y livianas. Si las moléculas no tienen puentes de H pero forman enlaces polarizados (aldehídos, nitrilos, . . .), la atracción entre ellas también puede dar lugar a compuestos no gaseosos. En cambio, en moléculas orgánicas fundamentalmente apolares, la posibilidad de que sean gaseosas, líquidas o sólidas viene dada por su masa molecular.

Para las funciones orgánicas más comunes, damos sus propiedades más importantes a continuación:

- Hidrocarburos: sustancias muy apolares habitualmente. Los puntos de fusión y ebullición dependen de la masa molecular y tamaño de la cadena. Si existen ramificaciones, el punto de fusión y ebullición disminuye respecto a la no ramificada. Las insaturaciones (dobles y triples enlaces) elevan ligeramente el punto de fusión y ebullición. Los cicloalcanos tienen puntos de fusión y ebullición superiores a los alcanos correspondientes en general. Finalmente, los hidrocarburos aromáticos son todos líquidos o sólidos a temperatura ambiente debido a su mayor masa y su forma estructural, que favorece las interacciones moleculares. Los derivados halogenados de los hidrocarburos presentan mayor temperatura de fusión y ebullición respecto a sus compuestos "base", debido a la polaridad del enlace  $C - X$ . Suelen ser insolubles en agua.
- Alcoholes: sustancias con elevados puntos de fusión y ebullición en

comparación a los hidrocarburos de parecida masa, como resultado del puente de H del grupo funcional  $-OH$ . No hay ninguna alcohol gaseoso a temperatura ambiente.

- Éteres: sustancias apolares, con bajas temperaturas de fusión y ebullición, aunque ligeramente mayores que la de los hidrocarburos del mismo número de átomos de carbono.
- Aldehídos y cetonas: a temperatura ambiente, los más sencillos y ligeros son líquidos, salvo el metanal, y los de mayor cadena son sólidos. Sus temperaturas de fusión y ebullición son menores que las de los alcoholes análogos, ya que no presentan enlaces de hidrógeno.
- Ácidos carboxílicos: sustancias con elevados puntos de fusión y ebullición, debido al grupo  $-COOH$ , que contiene un enlace de H y está polarizado. Forma enlaces más intensos que los alcoholes. Hasta el ácido decanoico son líquidos, luego los demás son todos sólidos.
- Ésteres: presentan puntos de fusión y ebullición inferiores a los ácidos carboxílicos de procedencia, debido a que han perdido el enlace de hidrógeno y forman otro tipo de interacciones intermoleculares.
- Aminas: las aminas primarias y secundarias tienen puntos de fusión y ebullición elevados, en comparación a los hidrocarburos, pero inferiores a los respectivos alcoholes, porque el enlace  $-N-H-$  es menos polar que el enlace  $-O-H-$ . Las aminas terciarias, al no poseer enlace  $-N-H-$ , son más apolares y sus temperaturas de fusión y de ebullición son menores a similar masa molecular.
- Amidas: son compuestos muy polares con puntos de fusión y ebullición superiores a los de los ácidos carboxílicos de procedencia. Las amidas primarias son sólidos cristalinos covalentes, excepto la metanamida, que es un líquido.
- Nitrilos y nitrocompuestos. Como sus grupos funcionales están muy polarizados, sus puntos de fusión y ebullición son parecidos a los alcoholes de similar masa molecular.

En cuanto a la solubilidad, la mayoría de los compuestos orgánicos son sustancias apolares, no se disuelven en agua pero sí en disolvente apolares orgánicos o inorgánicos, por ejemplo  $CCl_4$ ,  $C_6H_6$  y otros varios. Lo similar disuelve lo similar (sustancias apolares se disuelven en sustancias apolares, y sustancias polares disuelven a sustancias polares). Otra idea importante,

es que la solubilidad disminuye a medida que crece la cadena carbonada, porque como esta cadena es apolar, tiene propiedades hidrófobas.

### 3.2. Principales compuestos orgánicos.

Los principales compuestos orgánicos se deben nombrar según el siguiente orden de preferencia: ácidos carboxílicos, ésteres, amidas, nitrilos, aldehídos, cetonas, alcoholes, fenoles, aminas, éteres, dobles enlaces, triples enlaces, halógenos, nitroderivados, radicales alquilo.

En ocasiones se indica con el prefijo -n (normal) que un hidrocarburo no tiene ramificaciones. Los hidrocarburos alifáticos pueden ser lineales o cíclicos. Los hidrocarburos aromáticos (derivados del benceno) pueden ser homocíclicos o heterocíclicos. Los hidrocarburos alifáticos lineales pueden ser alcanos o parafinas, alquenos o etilénicos y alquinos o acetilénicos. Los hidrocarburos alifáticos cíclicos pueden ser cicloalcanos, cicloalquenos o cicloalquinos.

### 3.3. Isomería

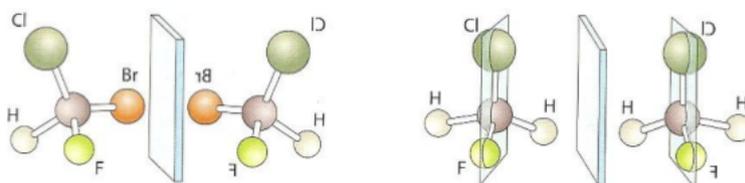
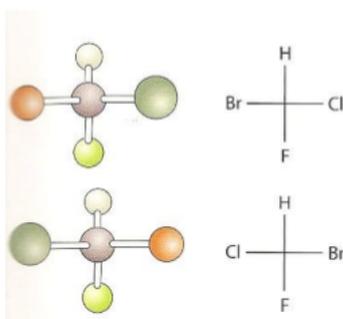
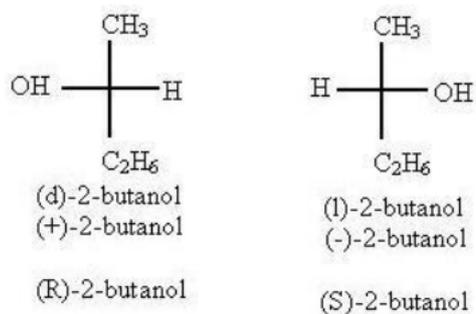
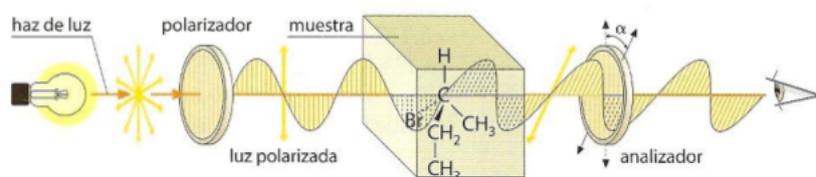
El concepto de isomería se fundamenta en las diferentes formas u ordenaciones que pueden unir a los diferentes átomos en una molécula orgánica. Se llama isómero a los compuestos que, teniendo la misma fórmula molecular, se diferencian en su estructura interna y la disposición y tipo de sus enlaces. Esto significa que tendrán diferentes propiedades químicas. Existen varios tipos de isomería. Se clasifican en dos grandes grupos: **isomería estructural e isomería espacial**. La isomería estructural puede ser **de cadena, de posición y de función**. La **isomería espacial o estereoisomería** puede ser **geométrica (cis-trans)** y **óptica (enantiomería o isomería de quiralidad L-R)**.

La **isomería de cadena** se debe a que los átomos de carbono tienen diferente colocación en la cadena carbonada. Ejemplo: n-pentano ( $C_5H_{12}$ ) y metilbutano ( $C_5H_{12}$ ). El n-pentano es  $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$  y el metilbutano  $CH_3 - CHCH_3 - CH_2 - CH_3$ .

La **isomería de posición** se debe a que un grupo funcional se coloca en diferente posición dentro de la cadena carbonada. Ejemplo: 2-butanol,  $CH_3CH_2CHOHCH_3$  y 1-butanol  $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$  tienen la mis-



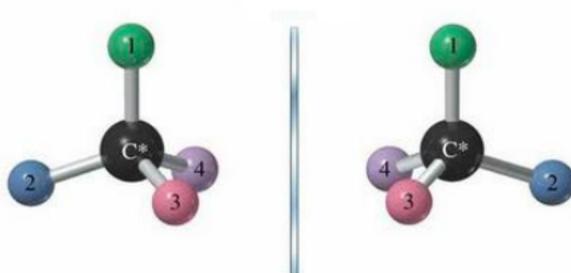
(-) y los orientados a derechas (dextrógiros) con la letra R, D o (+). Por ejemplo, en Biología, los seres vivos suelen metabolizar el azúcar de cierta quiralidad (dextrosa vs. levosa). O también, la adrenalina (-) es un estimulante cardiaco, mientras que el isómero (+) de ésta no presenta actividad biológica alguna.



**Isomería óptica:** la luz polarizada es aquella que vibra en un solo plano. Hay sustancias que al ser atravesadas por luz polarizada son capaces de hacer girar al plano en el que vibra la luz. Se dice que estas sustancias presentan actividad óptica.



El plano de luz se puede desviar a la derecha (sustancias dextrógiras) o hacia la izquierda (sustancias levógiras). Para que una sustancia presente actividad óptica es necesario que presente un carbono asimétrico o quiral, es decir con los 4 sustituyentes distintos. Estos 4 sustituyentes se pueden orientar de dos formas distintas que no se pueden superponer como ocurre las imágenes especulares, formando unos isómeros llamados enantiómeros, que tendrán actividades óptica contrarias



**Enantiómeros**

Las moléculas con carbono asimétrico o estereogénico tienen una propiedad óptica adicional relacionada con la polarización de la luz: uno de ellos desvía la luz en el sentido de giro de las agujas del reloj (dextrógiro, R o +) y otro desvía ésta en el sentido antihorario (levógiro, L, o -). La propia estructura del ADN es quiral también. Una mezcla entre diferentes enantiómeros se llama mezcla racémica, siendo ópticamente inactiva, pero conserva las propiedades de los enantiómeros de procedencia salvo el aspecto de quiralidad. En moléculas con varios carbonos asimétricos, hay un total de  $2^n$  enantiómeros posibles, donde n es el número de carbonos asimétricos de la molécula. Por ejemplo, el 2,3-butanodiol tiene dos carbo-

nos asimétricos. Sin embargo, el número de enantiómeros se reduce según el número de planos de simetrías, y también se reduce cuando los sustituyentes son los mismos. En este ejemplo dado, hay sólo un enantiómero. Este tipo de formas de enantiómeros se llaman formas “meso”.

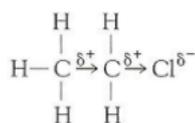
### 3.4. Reactividad y mecanismos de reacciones orgánicas

Las propiedades de los grupos funcionales y el mecanismo de reacción determinan las reacciones orgánicas y son esenciales en la síntesis orgánica (plásticos, medicamentos, fibras textiles, carburantes, cosméticos, fármacos, insecticidas, . . .).

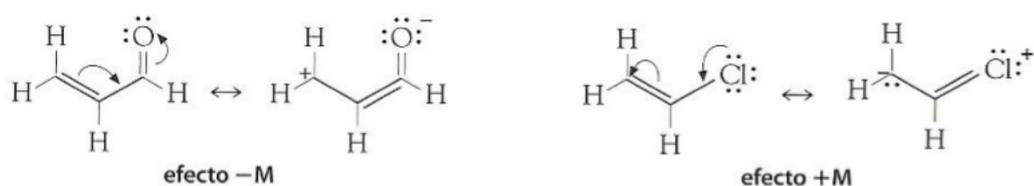
En general, la reactividad de los compuestos orgánicos depende de los grupos funcionales. Las zonas con enlaces simples, tipo  $-C - C-$  o bien  $-C - H$  son poco reactivas. Las zonas con enlaces de tipo  $-C = C-$  o de tipo  $-C \equiv C-$  o  $-N \equiv C-$  son más reactivas. La inestabilidad también depende de las ramificaciones y el número y tipo de grupos funcionales en la molécula orgánica.

En general, en una molécula orgánica reaccionante hay dos tipos de desplazamientos o efectos electrónicos:

- Efecto inductivo:** se produce cuando el átomo de carbono forma un enlace simple o sencillo con otro elemento que tiene mayor electronegatividad. Esto desplaza el par de electrones compartido hacia el elemento o lado más electronegativo, generando un desplazamiento de carga dejando un defecto de carga en el átomo de carbono. Tomando como referencia el hidrógeno (cuyo desplazamiento o efecto inductivo se considera nulo), los átomos o grupos de átomos cuya electronegatividad sea mayor que el carbono poseen efecto inductivo  $-I$  (nitroderivados, nitrilos, ácidos carboxílicos, haluros y alcoholes tienen este efecto), porque atraen hacia sí el par de electrones. Los átomos o grupos de átomos que colocan el par de electrones más cerca del carbono poseen efecto inductivo  $+I$  (radicales alquílicos en general).

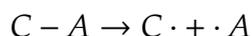


- Efecto mesómero.** Se produce en moléculas con dobles (o múltiples) enlaces de tipo  $-C = O-$  y  $-C = C-$ . También se llama efecto de resonancia. Supone el desplazamiento momentáneo de los dos electrones del enlace  $\pi$  hacia uno de sus átomos enlazados, formando estructuras resonantes indistinguibles de facto. Esto genera zonas de carga en la molécula. El efecto mesómero también puede producirse por el desplazamiento de un par de electrones sin compartir de un átomo contiguo. Se dice entonces que hay sustancias con efecto mesómero negativo  $-M$  y positivo  $+M$ . Ejemplos de grupos con efecto  $-M$  son los nitroderivados, ácidos carboxílicos, así como los grupos  $-COO - R$ ,  $-CHO$  y  $-CN$ . Ejemplos de grupos con efecto  $+M$  son los alcoholes, las aminas primarias  $-NH_2$  y el grupo  $-O - R$ .



En una reacción orgánica se produce la ruptura y formación de enlaces covalentes. La forma en la que se rompen los enlaces es también importante a la hora de determinar el tipo y propiedades de la reacción y los productos. Hay dos tipos fundamentales de rupturas de enlace:

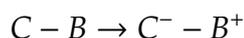
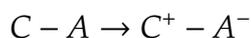
- Ruptura homolítica u homopolar.** En este tipo de ruptura, el enlace se rompe de forma simétrica, dando lugar a dos especies químicas, cada una de ellas con un electrón desapareado (denominados radicales libres) y son especies muy reactivas:



Este tipo de ruptura se produce en uniones de tipo  $-C - C-$  y de tipo  $-C - H-$ , ya que los átomos tienen una electronegatividad muy similar; este tipo de ruptura requiere un aporte externo de energía en forma de luz o calor.

- Ruptura heteropolar o heterolítica.** En esta clase de ruptura, el enlace se rompe de forma asimétrica, y el carbono puede quedar cargado

negativa o positivamente, formando carbocationes  $-C^+$  (iones carbono positivos), o carbaniones  $-C^-$  (iones carbono negativos):



Los carbocationes son ácidos de Lewis, los carbaniones son bases de Lewis. La estabilidad de los productos está condicionada por los átomos o grupos de átomos adyacentes. Los carbaniones, carbocationes y los radicales libres se consideran generalmente intermedios metaestables de la reacción, ya que no son especies químicas que se formen como productos finales de la reacción orgánica. Influyen, sin embargo, en el mecanismo de reacción. Esto lleva a caracterizar los principales reactivos orgánicos según una terminología relacionada. En reacciones orgánicas, se llama sustrato a la sustancia orgánica que es atacada por la molécula más pequeña, que se llama reactivo y suele ser inorgánico, provocando la reacción en el sustrato. A partir de la estructura electrónica, según estos términos, hay tres tipos o clases de reactivos orgánicos:

- Reactivos tipo radicales libres, cuando hay sustancias con electrones si aparear. Son muy reactivos y sólo actúan en las llamadas reacciones radicáticas. Ejemplos:  $H\cdot$ ,  $CH_3\cdot$ ,  $CH_3 - CH_2\cdot$ ,  $Cl\cdot$ ,  $(CH_3)_2CH\cdot$ .
- Reactivos de tipo nucleófilos (N). Son iones negativos o moléculas que tienen uno o más pares de electrones libres sin compartir. Tienden a ceder el par de electrones atacando zonas del sustrato con deficiencia de electrones, tipo carbocationes. Reactivos nucleófilos:  $OH^-$ ,  $X^-$  ( $X=F, Cl, Br, I$ ),  $CN^-$ ,  $-RCOO^-$ ,  $R - OH$ ,  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $R - NH_2$ ,...
- Reactivos de tipo electrófilo (E). Son sustancias deficitarias de electrones, bien con electrones desapareados, bien con orbitales externos vacíos. Tienden a atacar zonas de alta densidad de electrones, como las insaturaciones  $-C = C-$  y  $-C \equiv C-$ . Reactivos electrófilos: cationes metálicos  $H^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_2^+$ ,  $C^+$ ,  $F_2$ ,  $Cl_2$ ,  $Br_2$ ,  $I_2$ , halogenuros de boro y aluminio,...

Hay dos mecanismos básicos en las reacciones orgánicas:

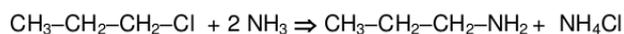
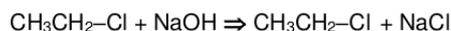
- Reacciones radicáticas. En estas reacciones, las rupturas homolíticas generan radicales libres y el proceso tiene lugar en una pasos intermedios complicados. La cinética es generalmente complicada, dando lugar a varios productos.

- Reacciones bimoleculares o concertadas. Son reacciones en las que la ruptura del sustrato se realiza de forma gradual y simultánea a la formación de nuevos enlaces. Este proceso ocurre en una sola etapa y un único complejo activo o estado de transición. Suelen ser reacciones de segundo orden, de ahí el nombre de bimolecular.
- Reacciones unimoleculares o por etapas. Las reacciones de este tipo transcurren por etapas simples, la ruptura de los enlaces del reactivo y del sustrato se realiza de forma independiente, apareciendo diferentes estados intermedios o complejos activados. Son reacciones generalmente con cinética de primer orden, de ahí el nombre de unimoleculares.

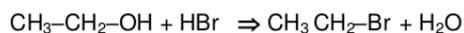
### 3.5. Tipos principales de reacciones orgánicas

- **Reacciones de adición (sustitución) o desplazamiento:**  $R - X + Y \rightarrow R - Y + X$ . Pueden ser de sustitución radicalica (SR), sustitución nucleófila (SR) o sustitución electrófila (SE). Ejemplos:
  - En la de sustitución radicalica tenemos, por ejemplo, las reacciones que se producen en los hidrocarburos saturados con el Cl, Br, I,  $NO_2$ .
  - En la de sustitución nucleófila tenemos las reacciones de formación de alcoholes, formación de aminas primarias y secundarias, formación de nitrilos, formación de éteres, formación de ésteres, formación de halogenuros de alquilo, formación de ésteres inorgánicos (como la nitroglicerina).

### Sustitución en derivados clorados:

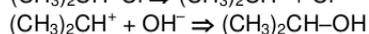
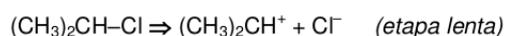


### Sustitución en alcoholes:

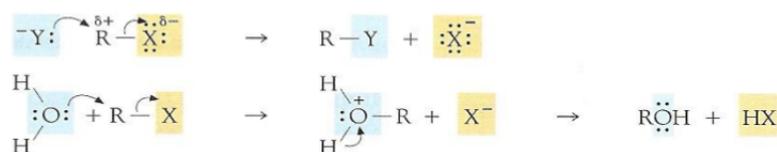
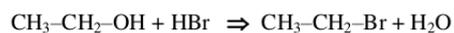


Existen dos posibles mecanismos dependiendo de la estabilidad del carbocatión:

**Mecanismo Sustitución unimolecular ( $\text{S}_{\text{N}}1$ ):** Es favorecida por carbocationes estables (terciarios, secundarios). Sucede en dos etapas:

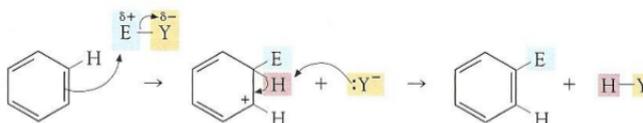


**Mecanismo Sustitución bimolecular ( $\text{S}_{\text{N}}2$ ):** Es favorecida por carbocationes inestables. Sucede en una sola etapa. Por un lado entra el reactivo y por el otro sale el grupo sustituido.

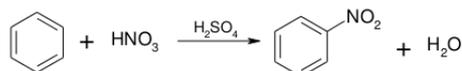


- En la de sustitución electrófila tenemos las reacciones de nitración, halogenación, sulfonación, alquilación y acilación del benceno o sus derivados. Suelen usarse catalizadores en estas reacciones y la presencia de sustituyentes en el anillo bencénico puede influir en la velocidad de reacción.

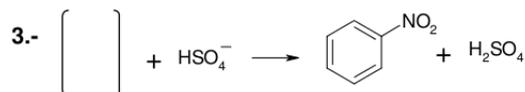
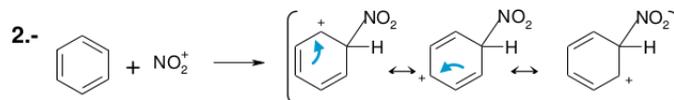
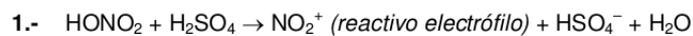
Con carácter general el mecanismo sería el siguiente: (E:electrófilo)



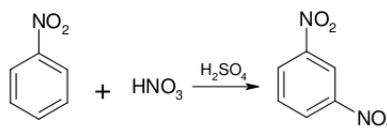
### -Nitración (efecto “-M”).



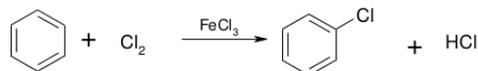
**Mecanismo:** La reacción tiene lugar en tres etapas:



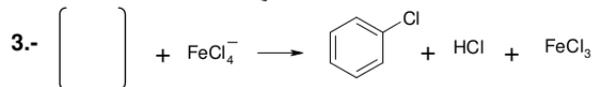
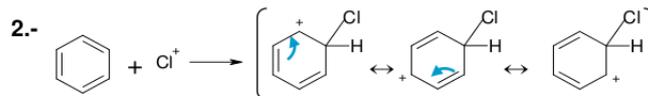
El segundo grupo electrófilo se orienta fundamentalmente a la posición "meta".



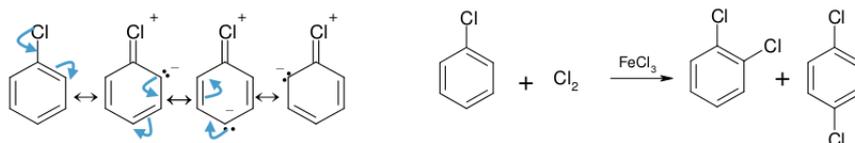
**Halogenación (efecto "+M").**



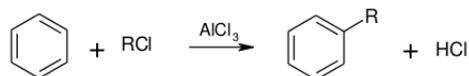
Mecanismo: La reacción también tiene lugar en tres etapas similares a las de la nitración:



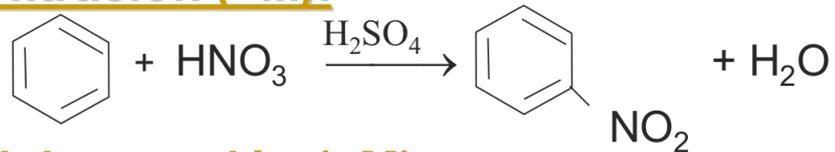
El segundo grupo electrófilo se orienta fundamentalmente a las posiciones "orto" y "para", debido a la aportación "+M" de los pares electrónicos del Cl.



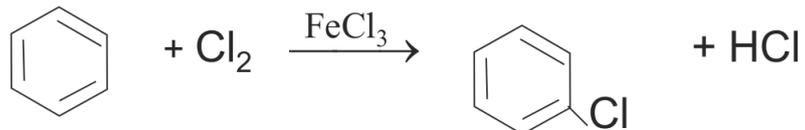
**Alquilación Friedel-Crafts (efecto "+I").**



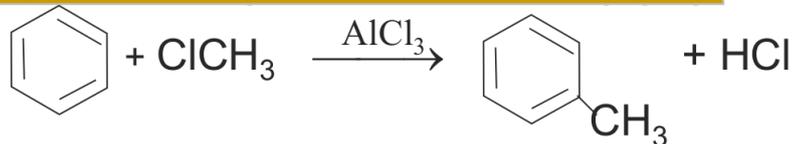
■ **Nitración (-M):**



■ **Halogenación (+M):**



■ **Alquilación (Friedel-Crafts) (+I):**

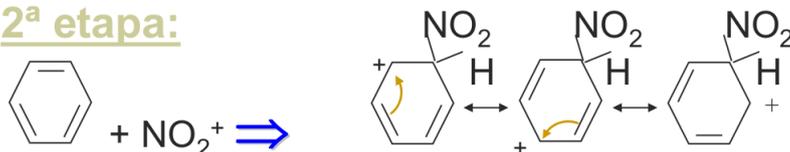


■ **Ejemplo de nitración (-M).**

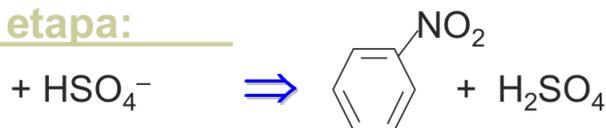
■ **1ª etapa:**



■ **2ª etapa:**



■ **3ª etapa:**



Donantes $\pi$	Donantes $\sigma$	Halógenos	Carbonilos	Otros
$-\text{NH}_2$ $-\text{OH}$ $-\text{OR}$ $-\text{NHCOCH}_3$	$-\text{R}$ (alquilo)  (anilo)	$-\text{F}$ $-\text{Cl}$ $-\text{Br}$ $-\text{I}$	$-\text{C}(=\text{O})-\text{R}$ $-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$ $-\text{C}(=\text{O})-\text{OR}$	$-\text{SO}_3\text{H}$ $-\text{C}\equiv\text{N}$ $-\text{NO}_2$ $-\text{NR}_3$
orto, para-directores		meta-directores		
ACTIVACIÓN		DESACTIVACIÓN		

**A.1. Reacciones de sustitución alifática:** En la mayoría de las reacciones de sustitución que experimentan los alcanos, el reactivo es un radical.



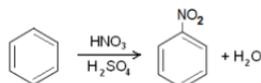
Esta reacción puede continuar, precisando en cada etapa luz o calor y formándose, también en cada etapa, HCl :



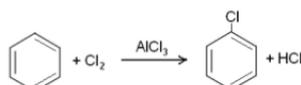
La reacción del metano con el cloro, por tanto, conduce a una mezcla de productos clorados, cuya composición depende de la proporción de cloro y de las condiciones de la reacción.

**A.2. Reacciones de sustitución aromática:** Hay cuatro tipos:

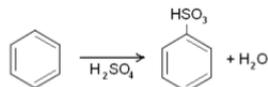
**Nitración:** consiste en la sustitución de un hidrógeno del anillo aromático por un grupo nitro, se lleva a cabo con ácido sulfúrico que actúa como catalizador:



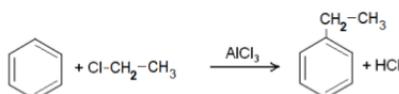
**Halogenación:** consiste en la sustitución de un hidrógeno del anillo aromático por un halógeno, se lleva a cabo en presencia de un ácido de Lewis ( $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ ) que actúa como catalizador:



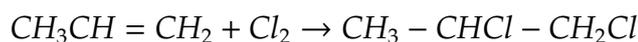
**Sulfonación:** consiste en la sustitución de un hidrógeno del anillo aromático por un grupo  $-\text{SO}_3\text{H}$ . se realiza con ácido sulfúrico concentrado:



**Alquilación de Friedel-Craft:** consiste en la sustitución de un hidrógeno del anillo aromático por un radical de alquilo (-R). se realiza con halogenuros de alquilo en presencia de un ácido de Lewis que actúa como catalizador:



- **Reacciones de adición a dobles y triples enlaces.** Son reacciones de tipo  $\text{C} = \text{C} + \text{X} - \text{Y} \rightarrow -\text{CX} - \text{CY}-$ . Hay 3 tipos generales de reacciones de adición a dobles y triples enlaces: adición radicalica, adición electrófila y adición nucleófila. Ejemplo de reacciones de adición radicalica es la reacción



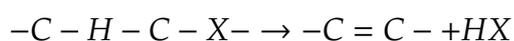
En el caso de las adiciones electrófilas, que ocurren cuando un reactivo electrófilo se adición al doble enlace  $\text{C} = \text{C}$  o al triple  $\text{C} \equiv \text{C}$  de

alquenos y alquinos, hay muchos ejemplos (halógenos, agua, hidrácidos, . . .). La adición suele ser por etapas, de forma

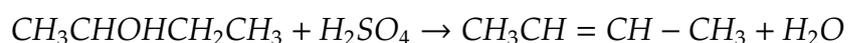


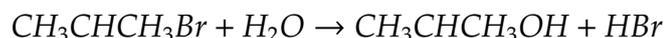
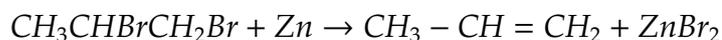
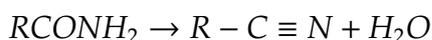
y cuando el reactivo es asimétrico, se pueden formar diferentes isómeros, aunque siempre hay uno mayoritario. Para determinar cuál se forma, se sigue una **regla llamada regla de Markownikoff**(1868): **Cuando se adiciona un reactivo asimétrico, como los halogenuros (o cualquier otro), sobre un enlace múltiple carbono-carbono, se realiza de forma que la parte electropositiva del reactivo se adiciona al átomo del carbono más hidrogenado.** Esta regla se conoce popularmente como el rico se hace más rico (en una analogía con la vida real fuera de la Química). La justificación teórica de la regla de Markownikoff es que el carbocatión que se forma durante la reacción es más estable en un isómero que en el otro. En las adiciones nucleófilas, menos habituales, se producen cuando el sustrato tiene dobles enlaces polarizados, como en el grupo carbonilo  $C = O$  de aldehídos y cetonas o en los compuestos con grupo nitrilo  $-C \equiv N$ . Las de adición nucleófila ocurren en alcoholes, agua o aminas primarias a los compuestos que acabamos de citar. Las cetonas son menos reactivas que los aldehídos, porque el grupo carbonilo en el interior de una cadena carbonada es menos accesible al ataque de reactivos nucleófilos.

- **Reacciones de eliminación.** Son en cierta forma las reacciones inversas de las de adición, porque se eliminan moléculas pequeñas y se forman moléculas grandes, de acuerdo a un esquema

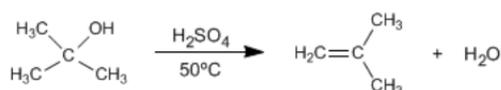
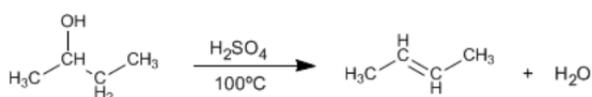
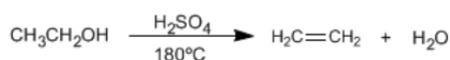
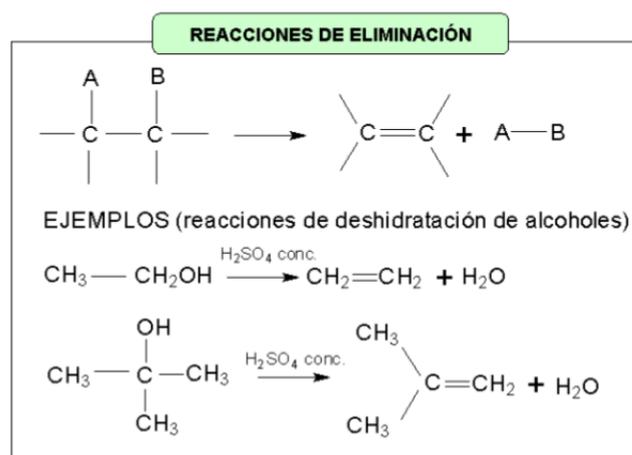


Cuando se pueden obtener diferentes isómeros, de tipo alqueno, experimentalmente se comprueba que la mayor proporción se obtiene al alqueno más sustituido (con menos hidrógeno). Es la llamada **regla de Saytzeff: el hidrógeno que sale del sustrato en una reacción de eliminación, lo hace del carbono más ramificado (con menos hidrógeno).** Las reacciones de eliminación más importantes son las de deshidratación de los alcoholes en medio ácido, deshidratación de las amidas para formar nitrilos, eliminación de derivados dihalogenados contiguos (en presencia de un catalizador como cinc), transformación de un derivado halogenado en un alqueno. Es decir:





Se llama efecto estérico al efecto estructural que procede de interacciones espaciales entre átomos o grupos de átomos con cierto volumen, que interfiere y dificulta un proceso químico. El hecho de que las reacciones de sustitución nucleófila y de eliminación sean competitivas entre sí, puede dar lugar a una mezcla de productos no deseada. Para predecir el tipo de reacción predominante, hay que tener en cuenta la estructura del nucleófilo y del sustrato, así como las condiciones en las que transcurre la reacción.

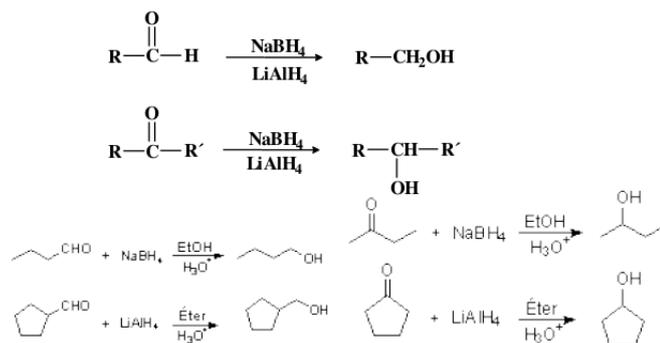


- **Reacciones REDOX orgánicas.** Se produce cuando cambia el número de oxidación del átomo de carbono o del elemento del grupo

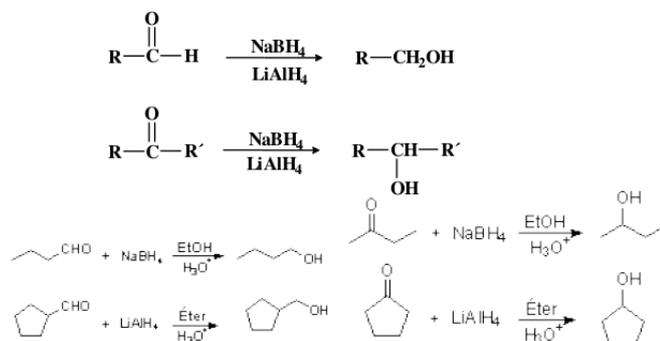
funcional principal orgánico asociado. Las reacciones de combustión de hidrocarburos son un ejemplo tipo. Si se usan agentes oxidantes como el  $KMnO_4$ , el  $K_2Cr_2O_7$  o agentes reductores como  $NaBH_4$  y  $LiAlH_4$  hay otras reacciones REDOX importantes de tipo orgánico

- $R - CH_2 - OH \xrightarrow{KMnO_4} RCHO \xrightarrow{KMnO_4} RCHOOH$
- $RCHO - R' \xrightarrow{KMnO_4} R - CO - R'$
- $CH_3CH = CHCH_3 \xrightarrow{KMnO_4} CH_3CHOHCHOHCH_3$
- $CH_3CH = CHCH_3 \xrightarrow{KMnO_4(conc)} CH_3COOH + COOH - CH_3$
- $CH_3 - CH_2 - CH = CH_2 \xrightarrow{KMnO_4(conc)} CH_3CH_2COOH + CO_2 + H_2O$
- $C_6H_5 - CH_3 \xrightarrow{KMnO_4(conc)} CH_3CH_2COOH + CO_2 + H_2O$
- $R - NO_2 \rightarrow RNH_2$
- $R - C \equiv N \rightarrow R - CH_2 - NH_2$
- $R - COOH \rightarrow R - CHO \rightarrow R - CH_2OH \rightarrow R - CH_3$
- $R - CO - R' \rightarrow R - CHOH - R' \rightarrow R - CH_2 - R'$
- $R - CO - NH - CH_3 \rightarrow R - CH_2 - NH - CH_3$

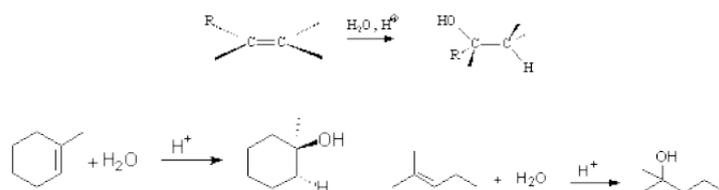
**Reacciones de reducción.** Mediante el empleo de hidruros como el  $NaBH_4$  y  $LiAlH_4$  los aldehídos se reducen a alcoholes primarios y las cetonas a alcoholes secundarios. La diferencia entre ambos hidruros es que el  $NaBH_4$  solo reduce a los aldehídos y cetonas, mientras que el  $LiAlH_4$  es más enérgico y puede reducir ésteres y cloruros de ácido a alcoholes secundarios.



**Reacciones de reducción.** Mediante el empleo de hidruros como el  $\text{NaBH}_4$  y  $\text{LiAlH}_4$  los aldehídos se reducen a alcoholes primarios y las cetonas a alcoholes secundarios. La diferencia entre ambos hidruros es que el  $\text{NaBH}_4$  solo reduce a los aldehídos y cetonas, mientras que el  $\text{LiAlH}_4$  es más enérgico y puede reducir ésteres y cloruros de ácido a alcoholes secundarios.



- Formación de alcoholes: La hidratación** (reacción con agua) de un alqueno se lleva a cabo en medio ácido, normalmente ácido sulfúrico, que actúa como catalítico. El resultado final es la adición de los elementos de agua ( $\text{H}$ ,  $\text{OH}$ ) al doble enlace, adición del tipo **Markovnikov**:



- Formación de alcoholes a partir de aldehídos y cetonas:** La reducción o la hidrogenación catalítica ( $\text{Pt}$ ,  $\text{Pd}$ ,  $\text{Fe}$  o  $\text{Ni}$ ) de un aldehído lleva a la formación de un alcohol primario y la reducción de una cetona lleva a la formación a un alcohol secundario.



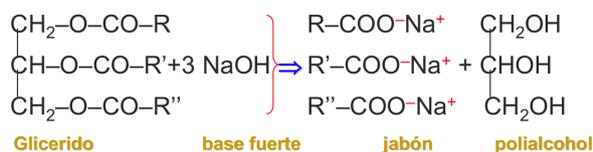
- Reacciones de esterificación.** Son análogas a las reacciones de neutralización en inorgánica. Un ácido carboxílico más un alcohol, produce éster y agua



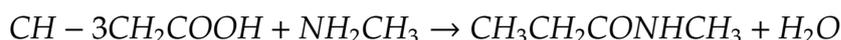
El proceso inverso de esta reacción, es la llamada hidrólisis de un éster en agua, y permite la regeneración del ácido carboxílico en medio ácido. La hidrólisis del éster en medio básico se llama **saponificación**, y supone la formación del carboxilato, precursor de los jabones y en Biología determina la formación de micelas que emulsionan las grasas o lípidos.

La hidrólisis de un éster se denomina saponificación. Una de las más importantes es la saponificación de ésteres glicéridos, triésteres de la glicerina o propanotriol).

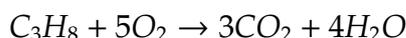
- Es una reacción irreversible.



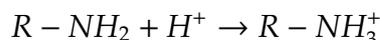
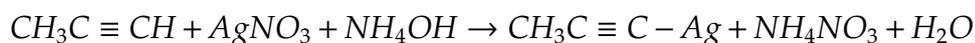
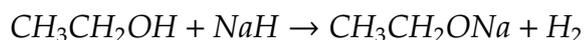
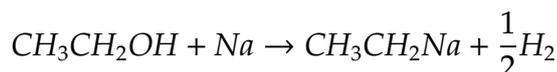
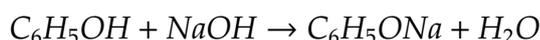
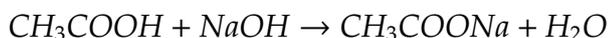
- **Reacciones de condensación.** Son reacciones de adición seguida por una de eliminación, suponiendo la unión de dos moléculas complejas y pérdida de moléculas simples más sencillas. Ejemplo es la condensación en N-metilpropanamida del ácido propanoico y la metanamina:



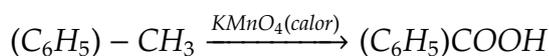
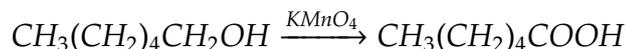
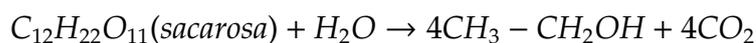
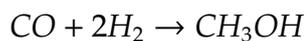
- **Reacciones de combustión de los hidrocarburos**



- **Reacciones ácido-base orgánicas. Ejemplos**



- Algunas reacciones de formación interesantes (alcoholes, ácidos, ésteres)



### 3.6. Medicina y Farmacología

Los medicamentos son fármacos que se usan con fines terapéuticos, porque se conocen sus principios activos, actividad, dosis adecuada y efectos adversos. Los fármacos son cualquier tipo de sustancia que presenta acciones biológicas, que no siempre se usa con fines terapéuticos. En ocasiones se llama drogas a los fármacos. Para que un medicamento sea útil, debe cumplir ciertas condiciones y usarse de acuerdo a cierta metodología.

### 3.7. Resumen: ideas principales

- La Química orgánica es la parte de la Química que se encarga de estudiar los compuestos del carbono y elementos de la vida orgánica conocida. Es de particular importancia en la sociedad e industria moderna.
- Un grupo funcional es el átomo o grupo de átomos que se unen a otros de forma que confieren ciertas propiedades que lo diferencian de otros compuestos orgánicos.
- Serie homóloga es una familia formada por la sucesión de compuestos con un número de carbonos creciente, pero con el mismo grupo funcional.
- Isomería es la propiedad que presentan los compuestos orgánicos llamados isómeros, que tienen la misma fórmula molecular pero diferente estructura química, esto es, son el mismo número de átomos pero colocados de forma diferente. Hay dos grupos de isomería: estructural y espacial.
- La isomería estructural se produce por los diferentes grupos funcionales en los compuestos. Puede ser de cadena (variando la posición de los átomos de carbono y los sustituyentes), de posición (cambia la posición del grupo funcional asociado), y de función (cuando cambia el grupo funcional por otro diferente, manteniendo la fórmula molecular).
- La isomería espacial o estereoisomería puede ser de dos tipos: geométrica (cis-trans) y óptica (enantiomería, L-R). La isomería geométrica se debe a la presencia de dobles enlaces y la presencia de un plano de simetría en la molécula, y se debe a que los sustituyentes del carbono se colocan de forma diferente en torno al plano de simetría del doble enlace. La isomería óptica la presentan compuestos con sensibilidad

óptica, que dan lugar a enantiómeros de tipo levógiro (L) y dextrógiro (R), debido a la presencia de un carbono asimétrico que suele marcarse con un asterisco ★, de forma que poseen propiedades distintas y el compuesto L es la imagen especular del compuesto R.

- Efecto inductivo es el desplazamiento electrónico que da lugar, por la polarización de un enlace C – H a polarizaciones inducidas en los enlaces próximos.
- Efecto mesómero o de resonancia es el efecto producido cuando se desplazan pares de electrones de un sitio de la molécula sin cambiar la posición de los átomos que la forman.
- Ruptura homolítica de enlaces (generación de radicales libres) es el proceso mediante el cual cada uno de los átomos que forma el enlace mantiene la mitad de los electrones que formaban el enlace, lo que provoca habitualmente la aparición de radicales (electrones) libres.
- Ruptura heterolítica de enlaces (polar) es el proceso mediante el cual uno de los átomos que enlaza se queda todo el par de electrones. Si el carbono se carga negativamente se forma un carbanión, si es positivo, un carbocatión.
- Reacciones unimoleculares o por etapas. Son reacciones en las que se rompen y forman enlaces de forma independiente.
- Reacciones bimoleculares o concertadas. Son reacciones en las que se rompen y forman enlaces de forma simultánea y gradual.
- Reacciones de sustitución radicalica: tienen lugar en fase gaseosa y se forman radicales que se combinan entre sí, obteniendo una mezcla variada de compuestos.
- Reacciones de sustitución nucleófila ( $S_{N-}$ ): tienen lugar cuando un reactivo nucleófilo sustituye a un grupo atómico electronegativo.
- Reacciones de sustitución electrófila ( $S_{E-}$ ): tienen lugar cuando un reactivo electrófilo ataca zonas de gran densidad electrónica. El reactivo se une generalmente a la cadeza desplazando normalmente a un hidrógeno.
- Reacciones de adición electrófila (AE): cuando un reactivo electrófilo se une a un doble o triple enlace. Sigue la llamada **regla de Markovnikoff**: “La parte positiva del reactivo se une al carbono más hidrogenado” (O “el rico se hace más rico”).

- Reacciones de adición nucleófila (AN): cuando el reactivo nucleófilo ataca al carbono que presenta un doble enlace con oxígeno o nitrógeno, ya que éstos son más electronegativos y dejan al carbono con cierta carga positiva, de forma que posteriormente se une la parte positiva del reactivo al oxígeno o al nitrógeno.
- Reacciones de eliminación: se producen cuando se elimina un átomo o grupo atómico de carbonos adyacentes y se forma una insaturación en la cadena. **Regla de Saytzeff:** En las reacciones de eliminación, usualmente predominan los alquenos más sustituidos, como productos de la reacción.
- Reacciones de oxidación-reducción (REDOX) orgánicas: cuando cambia el estado de oxidación del carbono. Un ejemplo usual son las combustiones.
- Reacciones de esterificación: se forma un éster mediante la reacción de un ácido carboxílico y un alcohol.
- Reacciones de condensación: uniones de dos reactivos con la pérdida de una molécula pequeña, generalmente agua.
- Reacciones de combustión: usa oxígeno como comburente y se forman  $CO_2$  y  $H_2O$  como productos.
- Reacciones ácido-base orgánicas: algunos compuestos orgánicos pueden actuar como ácidos débiles (ácidos carboxílicos, fenoles) y otros como bases (aminas primarias) para producir reacciones ácido-base.
- Hay una diferencia esencial entre fármaco y medicamento. Los medicamentos son fármacos que se usan con fines terapéuticos, porque se conocen sus principios activos, actividad, dosis adecuada y efectos adversos. Los fármacos son cualquier tipo de sustancia que presenta acciones biológicas, que no siempre se usa con fines terapéuticos. En ocasiones se llama drogas a los fármacos. Para que un medicamento sea útil, debe cumplir ciertas condiciones y usarse de acuerdo a cierta metodología.

## 4. Polímeros

Las reacciones de polimerización y los polímeros son muy importantes y tienen peculiaridades propias que merecen atención especial.

## 4.1. Introducción y clasificación

Un polímero es un compuesto orgánico de elevada masa (en ocasiones llamados macromoléculas), que se forman por adición de unidades básicas llamados monómeros. Polímero significa "muchas partes". En ocasiones son naturales, y el ser humano a creado polímeros sintéticos para diversos usos y aplicaciones. Los polímeros son macromoléculas que pueden alcanzar millones de g/mol (umas), pero son simples cuando uno mira a sus constituyentes mínimos o monómeros. La estructura de las cadenas de monómeros que se repiten determinan muchas de las propiedades de los polímeros:

- Los polímeros elastómeros tienen largas cadenas que aumentan su longitud cuando se estiran y luego vuelven a recuperar su forma original. Están unidas por fuerzas débiles de tipo intermolecular o enlaces de tipo disulfuro.
- Los polímeros termoplásticos son lineales o poco ramificados, pero las interacciones son más frecuentes e intensas por la presencia de grupos polares.
- Los polímeros termoestables tienen estructura tridimensional (3D), cadenas muy ramificadas e incluso enlaces covalentes que mantiene el entrecruzamiento de diferentes cadenas, formando materiales rígidos y resistentes.

Los polímeros se clasifican de diferentes modos, según las propiedades que se usen

- Por el proceso de polimerización, pueden ser por crecimiento de cadena o por crecimiento de pasos. Ejemplos: derivados alquénicos y derivados, dioles, diaminas, ácidos dicarboxílicos. . .
- Por su cadena carbonada pueden ser lineales o ramificados.
- Según su composición pueden ser homopolímeros (si todas las unidades o monómeros son iguales) o copolímeros (varios monómeros).
- Según su comportamiento ante el calor pueden ser termoplásticos (si se funden o ablandan por el calor, como la seda artificial o el celofán) o termoestables (baquelita o ebonita).
- Por su importancia industrial tenemos algunos polímeros especiales como los etilénicos (polietileno, polipropileno, poliestileno, PVC,

teflón, . . .), los cauchos sintéticos o elastómeros, las poliamidas y los poliésteres (fibras sintéticas), los poliuretanos, las siliconas.

La siguiente tabla pone más ejemplos y habla un poco de sus reacciones, que veremos en el apartado siguiente

- **Iniciación:**  $\text{CH}_2=\text{CHCl} + \text{catalizador} \Rightarrow \cdot\text{CH}_2-\text{CHCl}\cdot$
- **Propagación o crecimiento:**  $2 \cdot\text{CH}_2-\text{CHCl}\cdot \Rightarrow \cdot\text{CH}_2-\text{CHCl}-\text{CH}_2-\text{CHCl}\cdot$
- **Terminación:** Los radicales libres de los extremos se unen a impurezas o bien se unen dos cadenas con un terminal neutralizado.

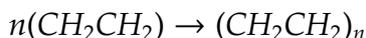
En el cuadro siguiente vemos algunos de los polímeros de adición más importantes, sus principales aplicaciones, así como los monómeros de los que proceden. Nótese que los polímeros basan su nomenclatura en el nombre comercial de los monómeros.

MONÓMERO	POLÍMERO	USOS PRINCIPALES
$\text{CH}_2=\text{CH}_2$ juguetes... <i>eteno (etileno)</i>	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ <i>polietileno</i>	Bolsas, botellas,
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$  <i>propeno (propileno)</i>	$-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-$ <i>polipropileno</i>	Películas, útiles de cocina, aislante eléctrico...
$\text{CH}_2=\text{CHCl}$ <i>cloroeteno (cloruro de vinilo)</i>	$-\text{CH}_2-\text{CHCl}-\text{CH}_2-\text{CHCl}-$ <i>policloruro de vinilo</i>	Ventanas, sillas, aislantes.
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$ <i>fenileteno (estireno)</i>	$-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-$	Juguetes, embalajes aislante térmico y acústico.
$\text{CF}_2=\text{CF}_2$ <i>tetraflúoretano</i>	$-\text{CF}_2-\text{CF}_2-\text{CF}_2-\text{CF}_2-$ <i>PTFE (teflón)</i>	Antiadherente, aislante...
$\text{CH}_2=\text{CCl}-\text{CH}=\text{CH}_2$ <i>2-clorobutadieno, cloropreno o neopreno</i>	$-\text{CH}_2-\text{CCl}=\text{CH}-\text{CH}_2-$	Aislante térmico, neumáticos
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}$ <i>propenonitrilo (acrilonitrilo)</i>	$-\text{CH}_2-\underset{\text{CN}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\underset{\text{CN}}{\text{CH}}-$	Tapicerías, alfombras, tejidos

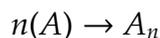
## 4.2. Proceso de polimerización

El proceso de polimerización puede tener lugar esencialmente de 2 formas: por adición y por condensación. Por adición, por ejemplo, para el

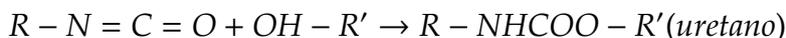
etileno



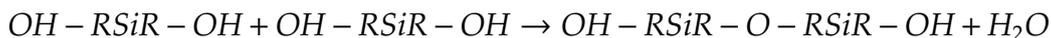
y para uno más general



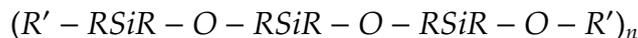
Para conseguir polímeros esteroerregulares de forma selectiva se usan estereocatalizadores (catalizadores de Ziegler-Natta), como el tetracloruro de titanio. El proceso de polimerización por condensación supone eliminación de moléculas pequeñas, generalmente agua. Algunos polímeros de interés industrial son el polietileno (por síntesis radicalica o en presencia de catalizadores especiales), el PVC (cloruro de polivinilo), los neoprenos, el caucho-buna (Bu es de butadieno, y Na es de sodio) y la ebonita (caucho artificial con azufre, lo que le da mayor rigidez y permite la fabricación de instrumentos musicales). Las fibras textiles de poliéster son comunes hoy día, y están hechas de cadenas estéricas. Las poliamidas también son comunes en los textiles, en ocasiones denominadas nailon, y tienen muchas diferentes estructuras. Las poliamidas tienen una disposición regular o uniforme de los grupos carbonilo (CO) y NH, lo que las hace resistentes y elásticas. Los poliuretanos están basados en monómeros de uretano. El uretano es un grupo funcional que es al mismo tiempo éster y amida:



La baquelita está formada por fenol y metanal (formaldehído) como monómero. Las siliconas, se obtienen por reacción de condensación entre derivados hidroxilados del silicio



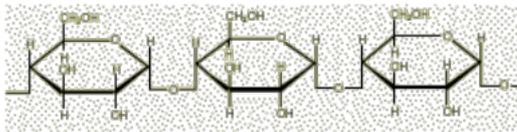
para dar



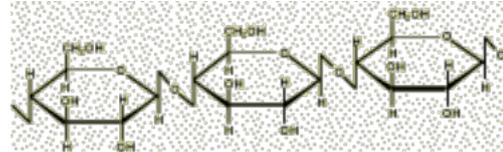
y donde R es metilo, etilo, vinilo, fenilo, . . . Las primeras siliconas se sintetizaron a comienzos del siglo XX y permitió crear materiales de diferente tipo y diferentes aplicaciones, aunque en general las siliconas son inmiscibles con agua y tienen alta temperatura de inflamación.

### 4.3. Macromoléculas orgánicas

Hay polímeros naturales, como el ADN (en el fondo), caucho natural, ácidos nucleicos, proteínas, polisacáridos como el almidón y la glucosa y otros varios.



*Almidón*



*Celulosa*

La sacarosa, la lactosa, la maltosa son disacáridos tipo, los aminoácidos naturales se caracterizan porque el grupo amino se localiza en el carbono siguiente al grupo carboxilo, formando el ARN y el ADN de los seres vivos. Generalmente, son  $\alpha$ -aminoácidos y tienen un carbono asimétrico, luego presentan isomería óptica. El ADN de la Tierra es quirál y de tipo (L) esencialmente. Es llamativo que solamente un conjunto de 20 aminoácidos participa en la síntesis de las principales proteínas. Por otra parte, algunos polipéptidos son importantes en Biología: la oxitocina estimula la contracción del útero en el parto, la insulina regula el metabolismo de la glucosa y el glucagón. La deficiencia de glucosa causa la diabetes.

Los ácidos nucleicos y su origen primigenio es un tema de discusión todavía en el ámbito de la Ciencia. Las bases nitrogenadas fundamentales A(adenina), G(guanina), T(timina), C(citosina) y el U(uracilo) son la base de toda forma vida conocida y tienen enorme complejidad. Estructuralmente, el ARN se diferencia del ADN en que su cadena polinucleótida contiene uracilo en lugar de timina. El ADN es el portador y transmisor de los genes y material hereditarios, mientras que el ARN, en sus diferentes tipos, se limita (al parecer) a recibir y ejecutar las órdenes que recibe del ADN. Cómo y por qué surgió el ADN es una de las grandes cuestiones no resueltas de la Biología teórica y experimental.

#### 4.4. Resumen: ideas principales

- Los polímeros son sustancias químicas de alta masa formadas a partir de unidades más pequeñas y simples llamadas monómeros.
- El proceso de polimerización puede tener lugar por adición y por condensación, fundamentalmente.
- Los polímeros se clasifican según el proceso de polimerización, su composición, la forma de su cadena, el comportamiento ante el calor y su importancia industrial (determinada por la composición química de sus monómeros).

- Ejemplos importantes de polímeros: poliamidas, poliésteres, siliconas, PVC, teflón, baquelita, cauchos sintéticos (como el tipo Bu-Na), fibras textiles, poliuretanos, polietilenos, . . .
- Macromoléculas naturales (polímeros naturales): polisacáridos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos (ADN y ARN).

## 5. ¿Qué hay que saberse?

- Concepto de Química descriptiva y sus dos vertientes o ramas: inorgánica y orgánica.
- Propiedades de los elementos representativos de la Tabla Periódica y algunas de sus propiedades y reacciones comunes.
- Tipos principales y propiedades de compuestos inorgánicos y orgánicos. Formulación inorgánica y orgánica.
- Realizar cálculos estequiométricos con reacciones químicas orgánicas e inorgánicas.
- Papel e importancia de la Química del carbono.
- Tipos de compuestos orgánicos, reacciones principales y sus mecanismos y formas de reactividad.
- Diferencia entre fármaco y medicina.
- Concepto de isomería, tipos y propiedades de diferentes isómeros.
- Concepto de polímero, clasificación de polímeros, macromoléculas orgánicas más importantes, y formas de producción de polímeros. Algunos polímeros de interés industrial.

**MAY THE FORCE BE WITH YOU!**