

# QUÍMICA INORGÁNICA

La **química inorgánica** se encarga del estudio integrado de la formación, composición, estructura y reacciones químicas de los elementos y compuestos inorgánicos (por ejemplo, ácido sulfúrico o carbonato cálcico); es decir, los que no poseen enlaces carbono-hidrógeno, porque éstos pertenecen al campo de la química orgánica. Dicha separación no es siempre clara, como por ejemplo en la química organometálica que es una superposición de ambas.

Antiguamente se definía como la química de la materia inorgánica, pero quedó obsoleta al desecharse la hipótesis de la fuerza vital, característica que se suponía propia de la materia viva que no podía ser creada y permitía la creación de las moléculas orgánicas. Se suele clasificar los compuestos inorgánicos según su función en ácidos, bases, óxidos y sales, y los óxidos se les suele dividir en óxidos metálicos (óxidos básicos o anhídridos básicos) y óxidos no metálicos (óxidos ácidos o anhídridos ácidos).

El nombre tiene su origen en la época en la que todos los compuestos del carbono se obtenían de seres vivos; de ahí la química del carbono se denomina química orgánica. La química de compuestos sin carbono, fue, por ende, llamada química inorgánica. Actualmente, se obtienen compuestos orgánicos en el laboratorio, de forma que la separación es artificial. Algunas de las sustancias con carbono que entran en el campo de la química inorgánica se incluye en uno de estos:

- grafito, diamante (fulereno, grafeno y nanotubos se consideran más bien orgánicos)
- carbonatos y bicarbonatos
- carburo

Los compuestos inorgánicos se dividen según su estructura en:

## Compuestos binarios

- Óxidos metálicos, anhídridos, peróxidos, hidruros metálicos, hidruros volátiles, hidrácidos, sales neutras, sales volátiles.

## Compuestos ternarios

- Hidróxidos, oxoácidos, oxisales.

En química y física atómicas, los **elementos representativos** o **elementos de los grupos principales**<sup>1</sup> son elementos químicos de los grupos largos de la tabla periódica, encabezados por los elementos hidrógeno, litio, berilio, sodio, magnesio, potasio, calcio, rubidio, estroncio, cesio, bario, francio y radio tal como aparecen en la tabla periódica de los elementos. Se caracterizan por presentar configuraciones electrónicas "externas"<sup>1</sup> en su estado fundamental que van desde  $ns^1$  hasta  $ns^2np^6$ , a diferencia de los elementos de transición y de los elementos de transición interna.

Los elementos representativos son los elementos de los grupos 1 y 2 (bloque s), y de los grupos de 13 a 18 (bloque p).<sup>2</sup> Hasta hace unos años, estos grupos se identificaban con números romanos del I al VII con la letra A.<sup>3</sup> Los elementos del grupo 12 son generalmente considerados como metales de transición, sin embargo, el zinc (Zn), el cadmio (Cd), y el mercurio (Hg) comparten algunas

propiedades de ambos grupos, y algunos científicos creen que deben ser incluidos como elementos representativos o elementos de los grupos principales.<sup>4</sup>

En anteriores nomenclaturas, los elementos de los grupos principales son los grupos IA y IIA, y los grupos IIIB a 0 (el CAS los denomina grupos IIIA al VIIIA).nota 1

Los elementos representativos (con algunos de los metales de transición más ligeros) son los elementos más abundantes en la tierra, en el sistema solar y en el universo, y presentan densidades muy bajas.

Los **elementos de transición** son aquellos elementos químicos que están situados en la parte central del sistema periódico, en el bloque d, cuya principal característica es la inclusión en su configuración electrónica del orbital *d*, parcialmente lleno de electrones. Esta definición se puede ampliar considerando como elementos de transición a aquellos que poseen electrones alojados en el orbital *d*, esto incluiría a zinc, cadmio, y mercurio. La IUPAC define un metal de transición como "un elemento cuyo átomo tiene una subcapa *d* ( subnivel de energía )incompleta o que puede dar lugar a cationes".<sup>1</sup>

Son metales de transición, ya que tienen una configuración  $d^{10}$ . Solo se forman unas pocas especies transitorias de estos elementos que dan lugar a iones con una subcapa *d* parcialmente completa. Por ejemplo mercurio (I) solo se encuentra como  $Hg_2^{2+}$ , el cual no forma un ion aislado con una subcapa parcialmente llena, por lo que los tres elementos son inconsistentes con la definición anterior.<sup>2</sup> Estos forman iones con estado de oxidación 2+, pero conservan la configuración  $4d^{10}$ . El elemento 112 podría también ser excluido aunque sus propiedades de oxidación no son observadas debido a su naturaleza radioactiva. Esta definición corresponde a los grupos 3 a 11 de la tabla periódica.

Según la definición más amplia los metales de transición son los cuarenta elementos químicos, del 21 al 30, del 39 al 48, del 71 al 80 y del 103 al 112. El nombre de "transición" proviene de una característica que presentan estos elementos de poder ser estables por sí mismos sin necesidad de una reacción con otro elemento. Cuando a su última capa de valencia le faltan electrones para estar completa, los extrae de capas internas. Con eso es estable, pero le faltarían electrones en la capa donde los extrajo, así que los completa con otros electrones propios de otra capa. Y así sucesivamente; este fenómeno se le llama "Transición electrónica". Esto también tiene que ver con que estos elementos sean tan estables y difíciles de hacer reaccionar con otros. La definición más amplia es la que tradicionalmente se ha utilizado. Sin embargo muchas propiedades interesantes de los elementos de transición como grupo son el resultado de su subcapa *d* parcialmente completa. Las tendencias periódicas del bloque d son menos predominantes que en el resto de la tabla periódica. A través de ésta la valencia no cambia porque los electrones adicionados al átomo van a capas internas.

Casi todos los elementos son metales típicos, de elevada dureza, con puntos de fusión y ebullición altos, buenos conductores tanto del calor como de la electricidad. Muchas de las propiedades de los metales de transición se deben a la capacidad de los electrones del orbital *d* de localizarse dentro de la red metálica. En metales, cuantos más electrones compartan un núcleo, más fuerte es el metal.

Poseen una gran versatilidad de estados de oxidación, pudiendo alcanzar una carga positiva tan alta como la de su grupo, e incluso en ocasiones negativa (Como en algunos complejos de coordinación).

- Sus combinaciones son fuertemente coloreadas y paramagnéticas
- Sus potenciales normales suelen ser menos negativos que los de los metales representativos, estando entre ellos los llamados metales nobles.
- Pueden formar aleaciones entre ellos.
- Son en general buenos catalizadores.
- Son sólidos a temperatura ambiente (excepto el mercurio)
- Forman complejos iónicos.

A diferencia de los metales de los grupos 1 y 2, los iones de los elementos de transición pueden tener múltiples estados de oxidación estables ya que pueden perder electrones *d* sin un gran sacrificio energético. El manganeso, por ejemplo tiene dos electrones *4s* y cinco *3d* que pueden ser eliminados. La pérdida de todos estos electrones lleva a un estado de oxidación +7. El osmio y el rutenio se encuentran comúnmente solos en un estado de oxidación +8 muy estable el cual es uno de los más elevados para compuestos aislados.

Ciertos patrones en los estados de oxidación surgen a través de los periodos de los elementos de transición:

- El número de estados de oxidación aumenta para cada ion hasta el Mn, a partir del cual comienza a disminuir. Los últimos metales de transición tienen una mayor atracción entre protones y electrones (ya que hay más de cada uno presentes), lo que requeriría más energía para eliminar los electrones.
- Cuando los elementos están en estados de oxidación bajos, se pueden encontrar como iones simples. Sin embargo, los metales de transición en estados de oxidación elevados se encuentran generalmente unidos covalentemente a elementos electronegativos como oxígeno o flúor formando iones poliatómicos como el cromato, vanadato, o permanganato.

Otras propiedades con respecto a la estabilidad de los estados de oxidación:

- Iones en elevados estados de oxidación tienden a ser buenos agentes oxidantes, mientras que elementos en bajos estados de oxidación tienden a ser buenos agentes reductores.
- Iones 2+ a través del periodo comienzan como fuertes reductores y se vuelven más estables.
- Iones 3+ comienzan estables y se vuelven más oxidantes a través del periodo.

Los metales de transición forman buenos catalizadores homogéneos y heterogéneos, por ejemplo el hierro es el catalizador para el proceso de Haber y tanto el níquel como el platino son utilizados para la hidrogenación de alquenos. Esto es porque son capaces de reaccionar bajo numerosos estados de oxidación y como consecuencia de ello formar nuevos compuestos proveyendo una ruta de reacción alternativa con una energía de activación más baja.

Debido a su estructura, los metales de transición forman muchos iones y complejos coloreados. Los colores pueden cambiar entre diferentes iones de un mismo elemento. Por ejemplo el  $\text{MnO}_4^-$  (Mn en el estado de oxidación 7+) es un compuesto violeta, mientras que  $\text{Mn}^{2+}$  es rosado pálido.

La coordinación por ligandos puede jugar su parte en determinar el color en un compuesto de transición debido a cambios en la energía de los orbitales *d*. Los ligandos eliminan la degeneración de los orbitales y los dividen en grupos de alta y baja energía. La diferencia de energía entre los orbitales de alta y baja energía determinará el color de la luz que es absorbida, ya que la radiación electromagnética se absorbe si tiene una energía que se corresponda con esta diferencia. Cuando un ion con ligandos absorbe luz algunos electrones son promovidos a un orbital de mayor energía. Si la luz absorbida es de diferente frecuencia, se observan diferentes colores.

El color de un complejo depende de:

- la naturaleza del ion metálico, particularmente el número de electrones en los orbitales *d*
- el orden de los ligandos alrededor del ion metálico (por ejemplo, diferentes isómeros geométricos pueden mostrar diferentes colores)
- la naturaleza de los ligandos rodeando al ion metálico. Si los ligandos son más fuertes, es mayor la diferencia de energía entre los grupos 3*d*.

El complejo formado por el elemento zinc del bloque d (aunque no es estrictamente un elemento de transición) es incoloro, porque los orbitales 3*d* están completos y los electrones no son capaces de desplazarse al grupo superior.

**Tierras raras** es el nombre común de 17 elementos químicos: escandio, itrio y los 15 elementos del grupo de los lantánidos (lantano, cerio, praseodimio, neodimio, prometio, samario, europio, gadolinio, terbio, disprosio, holmio, erbio, tulio, iterbio y lutecio). Hay que notar que en esta clasificación no se considera la serie de los actínidos.

Aunque el nombre de «tierras raras» podría llevar a la conclusión de que se trata de elementos escasos en la corteza terrestre, algunos elementos como el cerio, el itrio y el neodimio son más abundantes.

La parte "tierra" en el nombre es una denominación antigua de los óxidos.

El cerio también es componente de la aleación que genera las chispas en los encendedores mecánicos y en los catalizadores del proceso de Haber-Bosch de la síntesis del amoníaco.

Actualmente se investigan aplicaciones en síntesis orgánica de compuestos organometálicos de estos elementos.

En resonancia magnética nuclear se utilizan compuestos, por ejemplo del lantano, como aditivos para separar señales de compuestos que de otro modo se detectarían juntos.

Combinados con halogenuros metálicos se usan en la fabricación de lámparas de descarga HMI (*Hydrargyrum medium-arc iodide*).

Además en radiodiagnóstico se utilizan como material fosforescente en las pantallas intensificadoras de imagen (en los chasis que todavía se usan con película, emulsión y revelado fotográfico).

La expresión tierras raras se aplica a los elementos del grupo IIIB de la tabla periódica de los elementos, con números atómicos (S) 21, 39, y 57-71. Estos elementos son metales de transición escasos en la naturaleza. Los elementos de tierras raras utilizados en pantallas radiológicas son gadolinio (S = 64), lantano (S = 57) e itrio (S = 39), los cuales funcionan como material fosforescente. En las fórmulas siguientes de los compuestos respectivos de esta propiedad, después de los dos puntos se especifica un elemento activador.

- Oxisulfuro de gadolinio ( $Gd_2O_2S:Tb$ ), activado por terbio (Z = 65). Se emite una coloración verde cuya longitud de onda es de 540 nm.
- Oxisulfuro de lantano ( $La_2O_2S:Tb$ ), activado por terbio (Z = 65). Se emite una coloración verde cuya longitud de onda es de 540 nm.
- Oxisulfuro de itrio ( $Y_2O_2S:Tb$ ), activado por terbio (S = 65). Se emite una coloración azul de longitudes de onda entre 450 y 500 nm.
- Oxibromuro de lantano ( $LaOBr:Tm$ ), activado por tulio (S = 69). Se emite una coloración azul de longitudes de onda entre 450 y 500 nm.
- Tantalato de itrio ( $YTaO_4:Tm$ ), activado por tulio (S = 69). Se emite una coloración azul-ultravioleta de longitudes de onda entre 450 y 500 nm.

Las pantallas de tierras raras ofrecen una ventaja única con respecto a las de wolframato de calcio: su eficacia de conversión es mayor. El propósito de fabricar las pantallas de tierras raras es ofrecer varios niveles de velocidad, si bien todas ellas son, como mínimo, dos veces más rápidas que su alternativa de wolframato de calcio. Esta mejora de la eficacia de conversión se consigue sin pérdida de resolución acompañante. Sin embargo, cuando se usan las pantallas de tierras raras más rápidas— los llamados «ruidos» cuánticos y radiográficos— pueden llegar a ser apreciables. Como son más rápidos con las pantallas de tierras raras es posible que se apliquen factores técnicos reducidos, lo cual repercute en menor dosis al paciente.

En química se denomina **complejo** a una entidad que se encuentra formada por una asociación que involucra a dos o más componentes unidos por un tipo de enlace químico, el *enlace de coordinación*, que normalmente es un poco más débil que un enlace covalente típico.<sup>1</sup>

Por una costumbre histórica el término **complejo** se utiliza principalmente para describir a aquel tipo de estructura molecular que usualmente se encuentra formada por un átomo central (el cual es con frecuencia un catión metálico) que se encuentra enlazado a otras entidades moleculares que lo rodean llamadas ligandos. Esta última acepción también se conoce como **entidad de coordinación**.<sup>2</sup>

El término también es utilizado para referirse a una enorme cantidad estructuras inestables o metaestables que participan como intermediarias en diferentes reacciones; por lo cual es preferible utilizar siempre que se pueda un término más explicativo para referirse a estos compuestos.