

LA QUIMICA

La química es una ciencia activa y en evolución que tiene importancia vital en nuestro planeta. **La química es el estudio de la materia y los cambios que ocurren en ella.** Se considera como la ciencia central, ya que los conocimientos básicos de química son indispensables para estudiantes de biología, física, geología, ecología y muchas otras disciplinas. Aunque la química es una ciencia antigua, sus fundamentos modernos se remontan al siglo XIX, cuando los adelantos intelectuales y tecnológicos permitieron que los científicos separaran sustancias en sus componentes y explicaran muchas de sus características físicas y químicas. En el siglo XX, la tecnología cada vez más refinada (ejemplo: computadoras y microscopios especiales) nos ha brindado medios para estudiar lo que es inapreciable a simple vista. En este siglo XXI, sin duda la química mantendrá una función fundamental.

En salud y medicina.

La cirugía con anestesia.

La prevención de enfermedades con la aplicación de vacunas y antibióticos.

La terapia génica, la cual consiste en insertar un gen sano específico en las células del paciente para curar o aminorar algún trastorno.

Los químicos de la Industria farmacéutica están investigando fármacos para el tratamiento del cáncer, SIDA y muchas otras enfermedades.

Energía y ambiente.

La energía es un producto secundario de muchos procesos químicos y al continuar el aumento en su demanda, los químicos intentan activamente encontrar nuevas fuentes de energía. En la actualidad, las principales fuentes de energía son los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) y las reservas de estos durarán entre 50 y 100 años aproximadamente con el ritmo actual de consumo, por lo que es urgente encontrar fuentes alternas. La energía solar puede aprovecharse con efectividad de dos maneras. Una de ellas es su conversión directa en electricidad mediante el uso de dispositivos llamados celdas fotovoltaicas. La otra consiste en usar la luz solar para obtener hidrógeno a partir de agua y luego utilizar el hidrógeno para alimentar a una celda combustible para generar electricidad. Aunque se han logrado adelantos en esta materia, todavía no se ha mejorado a tal punto que sea factible producir electricidad a gran escala y con costo económicamente aceptable.

Otra posible fuente de energía es la fisión nuclear, con el inconveniente que existe sobre los desechos radiactivos en este proceso. Sin embargo los químicos pueden ayudar en el mejoramiento del destino de estos desechos.

Materiales y tecnología.

La investigación y el desarrollo de la química en el siglo XX han generado nuevos materiales con el propósito de mejorar la calidad de vida y la tecnología. Algunos ejemplos de estos materiales son: Los

polímeros como el caucho y el nailon, la cerámica, los cristales líquidos, los adhesivos, los materiales de recubrimiento. Y uno de los mayores inventos en la tecnología es el microprocesador (un diminuto chip de silicio) que ha revolucionado las computadoras.

En alimentos y agricultura.

La utilización de fertilizantes y plaguicidas para mejorar la productividad de los cultivos ha sido necesaria, sin embargo, el uso indiscriminado de estos potentes químicos ha causado efectos nocivos graves en el ambiente. A fin de satisfacer la demanda de alimentos del siglo XXI, deben idearse estrategias novedosas para la actividad agrícola. Se ha demostrado que la biotecnología ha logrado mejorar la producción. También, se sabe que cierta bacteria produce una proteína tóxica para las orugas que comen hojas y que la identificación y síntesis de feromonas implicadas en el apareamiento permite interferir en el ciclo reproductivo normal de plagas comunes. Por tanto, los químicos pueden idear formas de aumentar la producción de fertilizantes menos dañinos para el ambiente y sustancias que eliminen selectivamente las hierbas nocivas.

EN NUESTRA VIDA COTIDIANA.

La química se aplica en nuestra vida cotidiana. Por ejemplo: El que cocina sabe que el aceite y el agua no se mezclan. Que si se deja hervir el agua en la estufa, llega un momento en que se evapora por completo. También aplica conceptos de física y de química cuando usa bicarbonato de sodio en la elaboración del pan; el uso de una olla a presión para abreviar el tiempo de preparación de algunos guisos; el exprimir un limón sobre rebanadas de pera para evitar que se tornen parduscas. Todos los días observamos cambios sin pensar en la naturaleza química.

CLASIFICACIÓN DE LA QUÍMICA:

1) Química General

2) Química Descriptiva: Que se divide en:

Química Orgánica, que es la que analiza las sustancias cuyos compuestos cuentan con carbono.

Química Inorgánica, que estudia los compuestos y sustancias que no tienen carbono.

3) Química Analítica: Que se dividen en:

Química Analítica cualitativa, que es la que estudia las técnicas de identificación de las sustancias.

Química Analítica cuantitativa, que estudia las técnicas de cuantificación de las sustancias.

4) Química aplicada: Puede dividirse en:

Química Industrial: Estudia los procesos para generar productos a gran escala con rentabilidad económica y ambiental óptima.

Físico-Química: Estudia la materia empleando conceptos de física y química. Incluye procesos energéticos, ópticos, mecánicos, magnéticos en sistemas químicos.

Bioquímica: Estudia la química en los seres vivos.

LA MATERIA Y SU CLASIFICACION.

LA MATERIA: Es todo lo que tiene masa e inercia y ocupa un lugar en el espacio. Incluye lo que se puede ver y tocar (Ejemplo: Agua, tierra, árboles) y lo que no se puede ver ni tocar (como el aire). Así pues todo en el universo tiene una conexión química.

La masa es una medida de la cantidad de materia. Incluso el aire tiene masa.

Peso: es la acción de la fuerza de gravedad sobre la masa de un objeto en particular.

En general, el termino masa y peso se han utilizado indistintamente debido a que por mucho tiempo la especie humana estuvo restringida a la superficie del planeta Tierra la cual ejerce una fuerza gravitacional relativamente constante sobre un objeto dado; sin embargo, cuando se inició la exploración del espacio, se evidenció claramente las diferencias entre la masa y peso. La masa de un astronauta en la Luna es la misma que su masa en la Tierra. El peso del astronauta en la Luna es solo una sexta parte de su peso en la Tierra, porque la atracción que ejerce la Luna es seis veces menor que la atracción que ejerce la Tierra. Es decir el peso cambia con la gravedad, pero la masa no.

CLASIFICACIÓN DE LA MATERIA:

Nivel Macroscópico

1. Mezclas
2. Elementos
3. Compuestos

Nivel Submicroscópico

1. Átomos
2. Moléculas

SUSTANCIAS Y MEZCLAS:

1. **SUSTANCIA:** es una forma de materia que tiene composición definida (constante) y propiedades distintivas. Ejemplos: Agua, azúcar de mesa (sacarosa), oro, oxígeno.

Las sustancias difieren entre sí por su composición y se pueden identificar según su aspecto, color, sabor y otras propiedades.

Las sustancias pueden ser elementos o compuestos.

- a) **Elemento:** Es una sustancia que no se puede separar en otras más sencillas por medios químicos. Es decir son las sustancias más fundamentales con las cuales se construyen todas las cosas materiales. Existen 117 elementos. Se representa por medio de Símbolos: Es la letra o letras que se emplean para representarlos.

Átomo: Es la partícula más pequeña que conserva las propiedades del elemento.

Un ion es un átomo o un grupo de átomos que tienen una carga neta positiva o negativa. Un ion con carga positiva se llama CATION y un ion con carga negativa se llama ANION.

b) **Compuesto:** Es una sustancia formada por átomos de dos o más elementos unidos químicamente en proporciones fijas. Cada compuesto es representado en fórmulas que son la estructura fundamental de un compuesto, indica las proporciones en que se combina cada elemento. Ejemplo: Agua. La fórmula química es H_2O lo que indica que está formada por dos átomos de Hidrógeno (H) y un átomo de oxígeno (O). El agua se puede descomponer en un laboratorio en Hidrógeno y oxígeno haciendo pasar una corriente eléctrica a través de ella.

Una **molécula** es la entidad más pequeña posible en la que se mantienen las mismas proporciones de los átomos constituyentes que en el compuesto químico. Una molécula de agua está formada por tres átomos: dos átomos de hidrógeno unidos a un solo átomo de oxígeno. Una molécula de peróxido de hidrógeno tiene dos átomos de hidrógeno y dos átomos de oxígeno; los átomos de oxígeno están unidos entre sí y hay un átomo de hidrógeno unido a cada átomo de oxígeno. En cambio una molécula de la proteína de la sangre llamada gamma globulina, está formada por 19 996 átomos de solo cuatro tipos: carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno

2. **MEZCLA:** Es una combinación de dos o más sustancias en la que estas conservan sus propiedades distintivas. Ejemplo: el aire, los refrescos, la leche, el cemento.

Las mezclas no poseen composición constante.

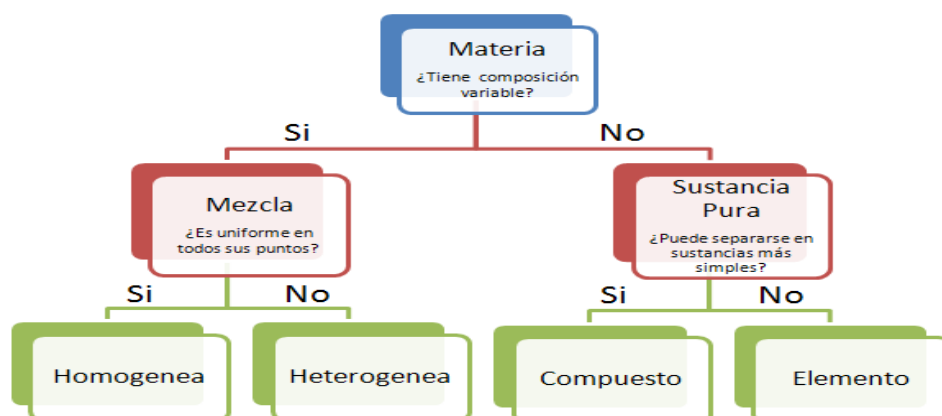
Las mezclas pueden ser:

a) **Homogéneas:** La composición de la mezcla es uniforme. Ejemplo: Si se disuelve una cucharada de azúcar en agua, se forma una solución.

Una solución es una mezcla homogénea en donde su composición y su apariencia son uniformes.

b) **Heterogénea:** la composición de la mezcla NO es uniforme. El prefijo *hetero* significa "diferente" Ejemplo: Arena con virutas de hierro; una aleación metálica de bronce, latón y acero.



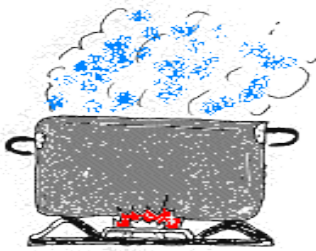
Tanto las mezclas homogéneas como las heterogéneas se pueden separar por medios físicos en sus componentes puros sin cambiar la identidad de tales componentes. En los ejemplos anteriores por ejemplo, el azúcar se puede separar del agua si se evapora por completo el agua y luego condensar el agua para recuperarla. Y en el caso de la arena y hierro, se puede separar el hierro por medio de un imán.



CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES ESTADOS DE AGREGACION DE LA MATERIA.

Estado físico es la propiedad de la materia que se origina por el grado de cohesión de las moléculas. La menor o mayor movilidad de las moléculas caracteriza cada estado. Los estados de la materia dependen de Factores como la presión y temperatura; se caracterizan por la energía cinética de las moléculas y los espacios existentes entre estas.

Aunque tradicionalmente estamos acostumbrados a referirnos a tres estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso; investigaciones recientes proponen la existencia de otros estados, los cuales se producen, sobre todo, en condiciones extremas de temperatura y presión. Estos nuevos estados corresponden al estado de plasma y el superfluido.

ESTADO SOLIDO	ESTADO LIQUIDO	ESTADO GASEOSO
		
Posee volumen y forma definida.	Posee volumen definido y forma variable. Adoptan la forma del recipiente que los contiene.	Posee volumen y forma variable. Adoptan la forma y el volumen del recipiente que ocupa.
Las partículas están en contacto y estrechamente empaquetadas en matrices rígidas. Las fuerzas de repulsión son menores que las fuerzas de cohesión	Las partículas vibran y resbalan una sobre otras debido a que las fuerzas de repulsión son iguales que las fuerzas de cohesión	Las partículas se encuentran separadas y con movimiento de traslación debido a que las fuerzas de repulsión son mayores que las fuerzas de cohesión
Compresibilidad insignificante	Muy poca compresibilidad	Alta compresibilidad
No fluyen	Fluyen. Unos con más facilidad que otros, dependiendo de su viscosidad.	Se difunden con rapidez.

El plasma es un estado que adoptan los gases cuando se calientan a elevadas temperaturas del orden de 10.000 °C: las moléculas adquieren tanta energía cinética, que los frecuentes choques provocan la ruptura de las moléculas e incluso de los átomos, lo que origina una mezcla de iones positivos y electrones deslocalizados, donde el número de cargas, además de los átomos y las moléculas, es prácticamente el mismo. En el universo la mayoría de materia se encuentra en este estado debido a las altas temperaturas que poseen las estrellas.

El superfluido es un estado que se consigue cuando un gas, como el helio, se licúa a altas presiones y temperaturas cercanas al cero absoluto. La sustancia se comporta como un líquido que trepa por las paredes y escapa. Presenta muy poca fricción y viscosidad.

Cambios de Estado.- En nuestro medio ambiente y bajo ciertas condiciones las sustancias se presentan en alguno de los estados de agregación antes mencionados. Los cambios de estado dependen de las variaciones en las fuerzas de cohesión y de repulsión entre las partículas. Cuando se modifica la presión o la temperatura, la materia pasa de un estado a otro.

- Al aumentar la presión, las partículas de materia se acercan y aumenta la fuerza de cohesión entre ellas. Por ejemplo, un gas se puede transformar en líquido si se somete a altas presiones.
- Al aumentar la temperatura, las partículas de materia se mueven más rápido y, por tanto, aumenta la fuerza de repulsión entre ellas. Por ejemplo, si se calienta un líquido, pasa a estado gaseoso.
- Los cambios de estado que se producen por absorción de calor se denominan progresivos; los que se producen por desprendimiento de calor se denominan regresivos.

Son cambios de estado la fusión, la solidificación, la vaporización, la condensación y la sublimación.

1. Fusión: es el paso del estado sólido al estado líquido.
2. Solidificación: es el proceso inverso a la fusión, es decir, es el cambio del estado líquido al estado sólido.
3. Vaporización: es el paso de líquido a gas por acción del calor.
4. Condensación: es el proceso inverso a la evaporación, es decir, es el cambio de gas a líquido.
5. Sublimación progresiva: es el paso del estado sólido al estado gaseoso sin pasar por el estado líquido.
6. Sublimación regresiva: es el proceso inverso a la sublimación progresiva. Del estado gaseoso se pasa al estado sólido al bajar la temperatura



Es posible la conversión entre los tres estados de la materia sin que cambie la composición de la sustancia. Al calentar el sólido (ejemplo: Hielo) se funde y se transforma en líquido (agua). La temperatura en que sucede esa transición se le conoce como **PUNTO DE FUSIÓN**. Su calentamiento adicional convierte al líquido en gas. Esta conversión se conoce como **PUNTO DE EBULLICIÓN DEL LÍQUIDO**. Por otra parte al enfriar un gas, hace que se convierta en la forma de líquido. Al enfriar adicionalmente este líquido, se congela a su forma sólida. Esta conversión se conoce como **PUNTO DE CONGELACIÓN**.

PROPIEDADES DE LA MATERIA

Todos los objetos que vemos a nuestro alrededor son objetos, materiales. Los gases de la atmósfera, aunque invisibles, son ejemplos de la materia, ocupan espacio y tienen masa. La luz solar no es materia sino una forma de energía.

Las propiedades son las cualidades y atributos que podemos utilizar para distinguir una muestra de materia de otra.

Las propiedades generales son las propiedades comunes a toda clase de materia; es decir, no nos proporcionan información acerca de la forma como una sustancia se comporta y se distingue de las demás

Propiedades generales más importantes son:

- Masa, cantidad de materia que tiene un cuerpo.
- Volumen, espacio que ocupa un cuerpo.
- Peso, resultado de la fuerza de atracción o gravedad que ejerce la Tierra sobre los cuerpos.
- Inercia, tendencia de un cuerpo a permanecer en estado de movimiento o de reposo mientras no exista una causa que la modifique y se relaciona con la cantidad de materia que posee el cuerpo.
- Impenetrabilidad, característica por la cual un cuerpo no puede ocupar el espacio que ocupa otro cuerpo al mismo tiempo.
- Porosidad: es la característica de la materia que consiste en presentar poros o espacios vacíos.

Propiedades específicas o intrínsecas

Las propiedades específicas son características de cada sustancia y permiten diferenciar un cuerpo de otro.

Las propiedades específicas se clasifican en propiedades físicas y propiedades químicas.

Propiedades físicas. Son las que se pueden determinar sin que los cuerpos varíen su naturaleza. Entre las propiedades físicas se encuentran:

- Propiedades organolépticas: son aquellas que se determinan a través de las sensaciones percibidas por los órganos de los sentidos. Por ejemplo, el color, el olor, el sabor, el sonido y la textura.
- Punto de ebullición: es la temperatura a la cual una sustancia pasa del estado líquido al estado gaseoso.
- Punto de fusión: es la temperatura a la cual una sustancia pasa del estado sólido al estado líquido.

- Solubilidad: es la propiedad que tienen algunas sustancias de disolverse en un líquido a una temperatura determinada.
- Densidad: es la relación que existe entre la masa de una sustancia y su volumen. Por ejemplo, un trozo de plomo pequeño es más denso que un objeto grande y liviano como el corcho.
- Dureza: es la resistencia que oponen las sustancias a ser rayadas. Se mide mediante una escala denominada escala de Mohs que va de uno hasta diez. Así, por ejemplo, dentro de esta escala el talco tiene una dureza de uno (1), mientras que el diamante presenta un grado de dureza de diez (10).
- Elasticidad: es la capacidad que tienen los cuerpos de deformarse cuando se aplica una fuerza sobre ellos y de recuperar su forma original cuando la fuerza aplicada se suprime.
- Ductilidad: mide el grado de facilidad con que ciertos materiales se dejan convertir en alambres o hilos.
- Maleabilidad: mide la capacidad que tienen ciertos materiales para convertirse en láminas, como el cobre o el aluminio. En general, los materiales que son dúctiles también son maleables.
- Tenacidad: es la resistencia que ofrecen los cuerpos a romperse o deformarse cuando se les golpea. Uno de los materiales más tenaces es el acero.
- Fragilidad: es la tendencia a romperse o fracturarse.

Propiedades químicas. Son las que determinan el comportamiento de las sustancias cuando se ponen en contacto con otras. Cuando determinamos una propiedad química, las sustancias cambian o alteran su naturaleza. Por ejemplo, cuando dejamos un clavo de hierro a la intemperie durante un tiempo, observamos un cambio que se manifiesta por medio de una fina capa de óxido en la superficie del clavo. Decimos entonces que el clavo se oxidó y esto constituye una propiedad química tanto del hierro como del aire; el primero por experimentar una oxidación y el segundo por producirla.

Algunas propiedades químicas son:

- Combustión: es la cualidad que tienen algunas sustancias para reaccionar con el oxígeno, desprendiendo, como consecuencia, energía en forma de luz o calor.
- Un metal se oxida en presencia de aire o agua (corrosión).
- Reactividad con el agua: algunos metales como el sodio y el potasio reaccionan violentamente con el agua y forman sustancias químicas denominadas hidróxidos o bases.
- Reactividad con las sustancias ácidas: es la propiedad que tienen algunas sustancias de reaccionar con los ácidos. Por ejemplo, el magnesio que es un metal, reacciona con el ácido clorhídrico para formar hidrógeno gaseoso y una sal de magnesio.
- Reactividad con las bases: es la propiedad que poseen ciertas sustancias de reaccionar con un grupo de compuestos químicos denominados bases o hidróxidos. Así, por ejemplo, la formación de la sal común o cloruro de sodio (NaCl) se debe a la reacción entre el ácido clorhídrico (HCl) y el hidróxido de sodio (NaOH).

TRANSFORMACIONES DE LA MATERIA

Transformaciones físicas

Son aquellas transformaciones o cambios que no afectan la composición de la materia. En los cambios físicos no se forman nuevas sustancias. Se dan cambios físicos cuando ocurren fenómenos como los siguientes: el aroma de un perfume se esparce por la habitación al abrir el frasco que lo contiene; al añadir azúcar al agua, el azúcar se disuelve en ella. En estos ejemplos, el perfume se evapora y el azúcar se disuelve. Cada una de estas transformaciones se produce sin que cambie la identidad de las sustancias; sólo cambian algunas de sus propiedades físicas por lo que se dice que ha sucedido una transformación física.

También son cambios físicos, los cambios de estado, porque no se altera la composición o naturaleza de la sustancia

Transformaciones químicas

Son aquellas transformaciones o cambios que afectan la composición de la materia. En los cambios químicos se forman nuevas sustancias. Por ejemplo cuando ocurren fenómenos como los siguientes: un papel arde en presencia de aire (combustión) y un metal se oxida en presencia de aire o agua (corrosión), podemos decir que cambió el tipo de sustancia, convirtiéndose en otra diferente: por eso se dice que se produjo una transformación química.

En las transformaciones químicas se producen reacciones químicas.

Una reacción química se da cuando dos o más sustancias entran en contacto para formar otras sustancias diferentes. Es posible detectar cuándo se está produciendo una reacción química porque observamos cambios de temperatura, desprendimiento de gases, etc.

Un proceso químico no produce cambios en el núcleo de un átomo, pero algunos átomos pueden ganar o perder electrones con facilidad. Si a un átomo neutro se le eliminan o se le añaden electrones se forma una partícula cargada conocida como ION. Un ion con carga positiva se conoce como catión; y a un ion con carga negativa se le llama anión.

DENSIDAD

Es la relación entre la masa y el volumen correspondiente a una presión y temperatura dadas. El efecto de la temperatura y la presión, es de importancia en gases. En los líquidos puede ser importancia la temperatura como en el caso del agua. En los sólidos tiene muy poca influencia. Asociadas a la densidad hay otras propiedades asociadas como son la densidad relativa y el peso específico.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}} \quad \text{o en símbolos} \quad \delta = \frac{m}{V}$$

Como la densidad es una propiedad intensiva no depende de la cantidad de masa presente, para un material dado la relación de masa a Volumen es siempre la misma; en otras palabras V aumenta conforme aumenta la masa m .

Las unidad derivada del Sistema Internacional para la densidad es el kilogramo por metro cúbico (kg / m^3), aunque frecuentemente se expresa en g/cm^3 . Esta unidad es demasiado grande para la mayoría de las aplicaciones en química; por lo que la unidad gramo por centímetro cúbico (g / cm^3) y su equivalente g/mL , se utilizan con más frecuencia para expresar las densidades del sólidos y líquidos. Como las densidades de los gases son muy bajas, para ellos se emplea la unidad de gramos por litro (g / L).

Densidad relativa

La densidad relativa, es la densidad de un cuerpo respecto a la densidad de otro tomado como referencia. Para sólidos y líquidos la sustancia de referencia es el agua destilada que a Presión de 1 atmósfera y $4\text{ }^\circ\text{C}$ de temperatura tiene una densidad de $1\text{g} / \text{mL}$.

Como se trata de un cociente de dos unidades el resultado es un número adimensional, esto es un número sin unidades.

$$\delta_{\text{relativa}} = \frac{\delta_{\text{sustancia}}}{\delta_{(\text{H}_2\text{O})}}$$

Para los gases se toma como referencia la densidad del aire a 1 atmósfera de presión y $0\text{ }^\circ\text{C}$ (Condiciones Normales de Presión y Temperatura), a la que corresponde una densidad de $1,293\text{ g}/\text{L}$.

Cuando se establece el valor de la densidad, se hace referencia a la temperatura a la que se determina. Esto se debe a que el volumen varía, con la temperatura. En consecuencia también varía la densidad.

Métodos para determinar Densidad

- Para sólidos de forma irregular se determina aplicando el principio de Arquímedes, sumergiendo totalmente el sólido en un líquido inmiscible con él y, estableciendo el volumen desplazado por dicho sólido. Generalmente se usa agua.
- Para líquidos el volumen se determina utilizando un instrumento medidor (pipetas, probetas), en tanto que la masa es hallada por la diferencia entre la masa del recipiente lleno y el vacío. Para mediciones más precisas tanto de sólidos como líquidos se usa el instrumento llamado picnómetro.

Este es un frasco especial cuyo volumen se conoce con cierto grado de exactitud. Su tapa posee un orificio especial que permite derramar el exceso de líquido para asegurar el volumen calibrado. En los gases es usual utilizar el desplazamiento de volumen de un líquido cuando el gas insoluble con este, entra al recipiente que lo contiene.

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS ELEMENTOS DE LA TABLA PERIODICA

La tabla periódica se divide en tres grandes grupos:

- Metales
- No Metales
- Metaloides

El diagrama muestra la tabla periódica con los elementos clasificados en tres categorías:

- Metales:** Representados por un fondo gris, ocupan la mayor parte de la tabla, desde el grupo 1A hasta el grupo 10.
- No Metales:** Representados por un fondo amarillo, se encuentran en el grupo 17 (halógenos) y el grupo 18 (gases nobles).
- Metaloides:** Representados por un fondo azul, se encuentran en los grupos 13, 14, 15 y 16, específicamente en los elementos B, Si, Ge, As, Sb, Te y Po.

Las columnas están etiquetadas como 1A, 2A, 3A, 4A, 5A, 6A, 7A y 8A.

Propiedades características de los metales:

- Tienen conductividad eléctrica y térmica elevada.
- Tienen apariencia lustrosa
- Son sólidos a temperatura ambiente a excepción del mercurio que es líquido.
- Son maleables
- Son dúctiles

Propiedades características de los NO metales:

- Algunos son sólidos a temperatura ambiente, otros son líquidos (como el Bromo) y otros son gases (Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno, Flúor, Cloro, Astatina y los gases nobles)
- Son malos conductores de la electricidad

Propiedades características de los metaloides: Ejemplo: B, Si, Ge, As

- Tienen características tanto de metales como no metales.
- Son semiconductores de la electricidad

ENLACE Y NOMENCLATURA INORGANICA

INTRODUCCIÓN

El mundo material que nos rodea está formado por elementos, compuestos y mezclas. Si observas a tu alrededor te darás cuenta que las rocas, la tierra, los árboles, las nubes, los seres humanos, etc. son mezclas complejas de elementos y compuestos químicos en los que necesariamente hay distintos tipos de átomos enlazados entre sí.

Uno de los aspectos más relevantes de la química es la búsqueda de explicaciones del cómo y el por qué se unen los átomos. La forma en que los átomos se enlazan ejerce un efecto profundo sobre las propiedades físicas y químicas de las sustancias.

Enlace químico y electrones de valencia

- El enlace químico se define como la fuerza de atracción que mantiene unidos a los átomos, moléculas e iones, la cual siempre es de naturaleza eléctrica.
- El enlace químico también puede definirse como las distintas formas como se unen químicamente, los átomos e iones entre sí, para formar moléculas o grandes entramados de millones de átomos e iones llamadas redes cristalinas.

Existen varios tipos de enlaces químicos: iónicos, covalentes (simple, doble, triple, coordinado), metálicos, así como las interacciones que se dan entre las moléculas (enlace puente de hidrógeno y fuerzas de van der Waals), los cuales abordaremos un poco más adelante.

Electrones de valencia: A los electrones externos de un átomo se les conoce como electrones de valencia. Determinan la capacidad que tienen los átomos para formar enlaces. Estos juegan un papel muy importante en la formación de los enlaces químicos entre los átomos e iones y son los responsables de las propiedades químicas.

El término valencia se deriva del latín «valere» que significa, «ser fuerte» o tener capacidad y valentía. Debemos a Edward Frankland el concepto de «poder de combinación», que luego derivó en el de «valencia».

Sin embargo, el número de oxidación ha venido desplazando al término valencia, porque éste permite definir con mayor precisión la capacidad de combinación de un elemento en un compuesto.

Existen dos tipos de valencia:

1. Valencia iónica: es el número de electrones que un átomo gana o pierde al combinarse con otro átomo mediante un enlace iónico. Así, por ejemplo, cada átomo de calcio pierde dos electrones al formar enlaces iónicos, y por eso la valencia iónica del calcio es dos. Así mismo, cada átomo de oxígeno gana dos electrones al combinarse iónicamente con otro átomo, por lo tanto, su valencia iónica es dos.
2. Valencia covalente: es el número de electrones que un átomo comparte con otro al combinarse mediante un enlace covalente. Por ejemplo, cada átomo de carbono comparte cuatro electrones al formar enlaces covalentes con otros átomos, y por eso su valencia covalente es cuatro. Algunos elementos poseen más de un número de valencia, lo cual quiere decir que pueden formar más de un compuesto.

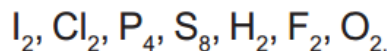
Número de oxidación (estado de oxidación)

El número de oxidación, es un indicador que compara el ambiente electrónico de un átomo en una molécula con el ambiente electrónico de un átomo aislado del mismo elemento.

Los números de oxidación son convencionales; se trata de un número entero, positivo, negativo o cero, que se asigna a cada elemento presente en un compuesto y está referido, al número de cargas reales o aparentes que tendría un átomo en una molécula (o en una celda unitaria), si los electrones fueran transferidos completamente.

REGLAS DE ESTADO DE OXIDACIÓN

1. Es importante tener en cuenta que cualquier elemento en su estado libre, como el Na, Mg, Ag, Fe, tendrá un número de oxidación igual a cero. Asimismo, aquellos elementos que forman moléculas diatómicas, triatómicas, tetratómicas y poliatómicas, como:



2. El número de oxidación de un elemento en estado elemental ó no combinado es siempre cero.
3. Los metales tienen estados de oxidación positivos, mientras que los no metales tienen estados de oxidación negativos cuando se unen con los metales y los metaloides. Los no metales presentan estados de oxidación positivos, cuando se unen a otro elemento no metálico más electronegativo. Es importante aprender los números de oxidación de los elementos, ya que nos serán de utilidad en la construcción de fórmulas químicas.

4. Algunos números de oxidación más comunes son:

- ✓ los elementos del grupo IA son siempre +1
- ✓ los elementos del grupo IIA son siempre +2
- ✓ el Hidrógeno es generalmente +1, excepto al unirse con un metal en donde es -1
- ✓ el Oxígeno es usualmente -2, excepto al combinarse con el Flúor en que es +2, en los peróxidos en donde es -1 y en los súper óxidos en que es $-\frac{1}{2}$
- ✓ los halógenos (VIIA) en compuestos binarios con otro elemento más electropositivo son -1
- ✓ el Azufre en compuestos binarios con otro elemento más electropositivo es -2
- ✓ el Nitrógeno en compuestos binarios con otro elemento más electropositivo es -3
- ✓ Los siguientes metales son los más comunes y deben memorizarse:
 - a) El Aluminio siempre es +3, el Cinc +2, la Plata +1
 - b) El Estaño y el Plomo son +2 y +4
 - c) El Cobre y el Mercurio son +1 y +2
 - d) El Hierro es +2 y +3
 - e) El oro es +1 y +3

H ⁺¹																								
H ⁻¹																								
Li ⁺¹	Be ⁺²																	B ⁺³	C ⁺⁴	N ⁺⁵				
																		B ⁻¹	C ⁻²	N ⁺³				
																				N ⁺¹			O ⁻²	F ⁻¹
Na ⁺¹	Mg ⁺²																			N ⁻³				
																					P ⁺⁵	S ⁺⁶	Cl ⁺⁷	
																					P ⁺³	S ⁺⁴	Cl ⁺⁵	
																					P ⁻¹	S ⁻²	Cl ⁺³	
																					P ⁻³	S ⁻²	Cl ⁺¹	
																							Cl ⁻¹	
K ⁺¹	Ca ⁺²					Cr ⁺⁶		Fe ⁺³	Co ⁺³	Ni ⁺³	Cu ⁺²										As ⁺⁵	Se ⁺⁶	Br ⁺⁷	
						Cr ⁺⁴		Fe ⁺²	Co ⁺²	Ni ⁺²	Cu ⁺¹	Zn ⁺²									As ⁺³	Se ⁺⁴	Br ⁺⁵	
						Cr ⁺³															As ⁺¹	Se ⁺²	Br ⁺³	
						Cr ⁺²																Br ⁺¹	Br ⁻¹	
Rb ⁺¹	Sr ⁺²																							
Fr ⁺¹	Ra ⁺²																							

- La suma de los números de oxidación de todos los átomos en la fórmula de un compuesto es cero.
- El número de oxidación de un ión monoatómico es igual a la carga del ión.
- En un ión poli atómico, la suma de los números de oxidación de todos los átomos debe ser igual a la carga del ión.

FÓRMULAS QUÍMICAS

Una fórmula química se usa para expresar la composición cualitativa y cuantitativa de las moléculas o las unidades fórmulas que constituyen una sustancia molecular o reticular respectivamente.

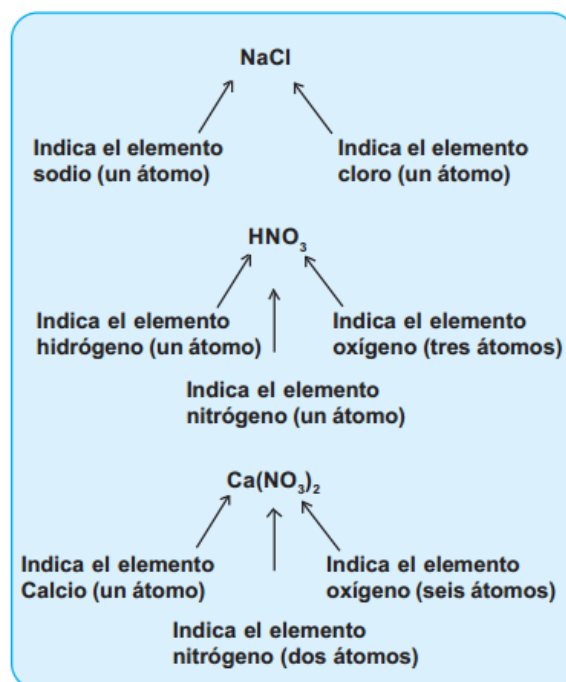
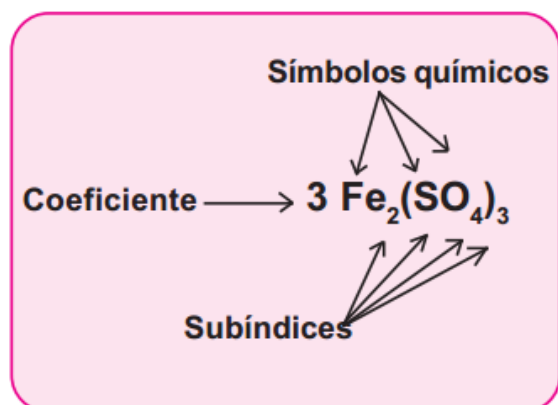
A continuación veamos algunos ejemplos

CaO	NH ₄ Cl	Ca ₃ (PO ₄) ₂	Mg(OH) ₂	AlH ₃
Óxido de calcio	Cloruro de amonio	Fosfato de calcio	Hidróxido de magnesio	Hidruro de aluminio

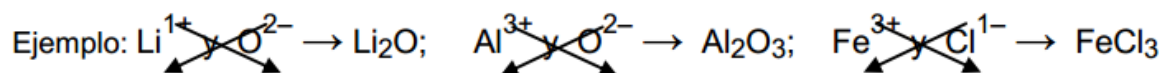
Características de una fórmula química

- Una fórmula química está constituida por símbolos químicos, subíndices y coeficientes.
- Los símbolos químicos representan macroscópicamente el tipo de elementos presentes en el compuesto y submicroscópicamente el tipo de átomos en la molécula o unidad fórmula.

- 3) Los subíndices representan el número de átomos de esos elementos presentes en el compuesto o el número relativo de iones en una celda unitaria de un compuesto iónico. Se escriben siempre en la parte inferior derecha del símbolo químico.
- 4) Los coeficientes indican el número de moléculas o unidades fórmula; así como también el número de moles presentes de la sustancia.



- 5) Para escribir una fórmula química se requiere conocer los números de oxidación de los elementos que participan en la formación del compuesto, pues al cruzar los valores numéricos sin los signos positivos y negativos, estos pasan a formar los subíndices en la fórmula. La suma de las cargas del catión y el anión en cada unidad fórmula deben sumar cero para ser eléctricamente neutros.



NOMENCLATURA NOMEN(LATÍN) NOMBRE O NOMINACIÓN.

La nomenclatura es el conjunto sistemático de reglas que regulan la designación de fórmulas y nombres para las sustancias químicas. Cada sustancia (ya sea un elemento o un compuesto) va a tener su propio nombre y no existe otra que se denomine de la misma forma.

La IUPAC (The International Union of Pure and Applied Chemistry), es la asociación que designa las reglas correspondientes a cada tipo de sustancia para nombrarlas y para escribir las fórmulas químicas por el tipo de elementos que las conforman.

Aprenderemos a nombrar y a formular los compuestos químicos inorgánicos de tres maneras: Sistemática, de Stock y Tradicional.

¿Cómo se nombran los compuestos? Lavoisier propuso que el nombre de un compuesto debía describir su composición y es esta norma la que se aplica en los sistemas de nomenclatura química. Para nombrar la gran variedad de compuestos químicos inorgánicos, es necesario agruparlos en categorías.

- a) Una de ellas los clasifica de acuerdo al número de elementos que forman el compuesto, distinguiéndose así los compuestos binarios y los compuestos ternarios.

- b) También se los puede clasificar según el tipo de familias o funciones químicas que representan, conociendo entonces: Óxidos (metálicos y no metálicos), Hidruros, Hidrácidos, Sales binarias o haloideas, Hidróxidos (bases o álcalis), Oxiácidos, Oxisales, Sales ácidas; principalmente.

En las fórmulas: El elemento que se escribe a la izquierda es el más electropositivo (el que tiene número de oxidación positivo), y a la derecha se escribe el más electronegativo (el que tiene número de oxidación negativo). Estas posiciones en general coinciden con la localización que tienen estos elementos en la tabla periódica, los electropositivos a la izquierda y los electronegativos a la derecha.

SISTEMAS DE NOMENCLATURA

- a) **Nomenclatura tradicional** se emplean prefijos y sufijos para distinguir el estado de oxidación con la que está actuando un elemento. El empleo de éstos se hace según el siguiente criterio:

Un estado de oxidación	ICO
Dos estado de oxidación	OSO (menor) ICO (mayor)
Tres estado de oxidación	HIPO OSO (menor) OSO ICO (mayor)
Cuatro estado de oxidación	HIPO.....OSO (menor) OSO ICO PER.....ICO (mayor)

- b) **Nomenclatura sistemática** suelen emplearse los siguientes prefijos numéricos para indicar el número de átomos de un elemento dado que aparece en un compuesto: Mono 1, Di 2, Tri 3, Tetra 4, Penta 5, Hexa 6, Hepta 7, Etc.

Cuando en el nombre de un compuesto aparece dos veces el prefijo mono, siempre se prescinde del segundo. Ejemplo: CO se denomina monóxido de carbono y no monóxido de monocarbono.

Los prefijos META- y ORTO- hacen referencia al contenido de agua en los oxoácidos. El prefijo META-expresa que se ha añadido una sola molécula de agua y el prefijo ORTO-que se ha añadido más de una (dos en los oxoácidos de los elementos con valencias pares y tres en los de valencias impares).

- c) **Nomenclatura de Stock o IUPAC** el estado de oxidación del elemento se indica con un número romano entre paréntesis. Si un elemento actúa con su único estado de oxidación se prescinde de poner este número.

RAÍCES IRREGULARES

- El nombre de los compuestos que forman algunos elementos se obtiene a partir de la raíz latina del nombre de dicho elemento en vez de hacerse con la raíz castellana. A continuación se citan esos casos irregulares:

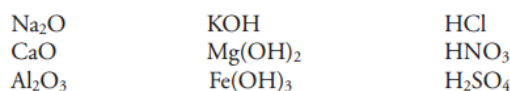
RAICES IRREGULARES DE CIERTOS ELEMENTOS (NOMENCLATURA TRADICIONAL)		
Compuestos del	Raíz	Ejemplo
Azufre (S)	Sulfur-	Acido sulfúrico
Cobre (Cu)	Cupr-	Sulfato cúprico
Estaño (Sn)	Estann-	Óxido estánnico
Hierro (Fe)	Ferr-	Hidróxido férrico
Manganeso (Mn)	Mangan-	Hidruro manganoso
Nitrógeno (N)	Nitr-	Acido nítrico
Plata (Ag)	Argent-	Cloruro argéntico
Plomo (Pb)	Plumb-	Nitrato plumboso
Oro (Au)	Aur-	Óxido aúrico

PARA FORMULAR Y NOMBRAR CORRECTAMENTE ES IMPRESCINDIBLE CONOCER PERFECTAMENTE EL NOMBRE Y EL SÍMBOLO DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS, ASÍ COMO EL O LOS ESTADO DE OXIDACIÓN CON LAS QUE PUEDE ACTUAR.

Función química y grupo funcional

- Se llama función química a un conjunto de compuestos o sustancias con características y comportamiento comunes. Las funciones químicas se describen a través de la identificación de grupos funcionales que las identifican.
- Un grupo funcional es un átomo o grupo de átomos que le confieren a los compuestos pertenecientes a una función química, sus propiedades principales.

Observa las siguientes fórmulas:



Las tres primeras están caracterizadas por O, las segundas por OH y las terceras por H.

SUSTANCIAS SIMPLES

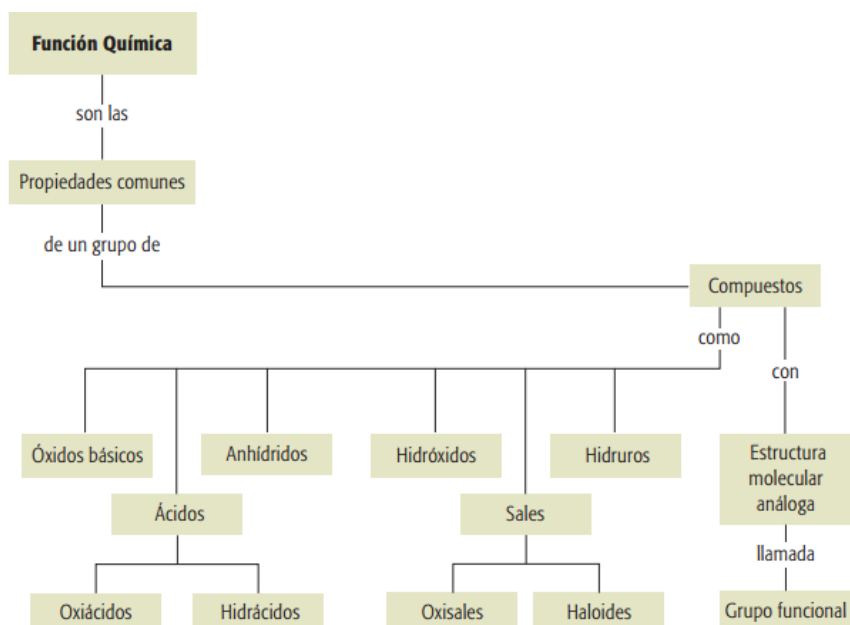
Las sustancias simples son moléculas formadas por átomos de un mismo elemento. Por tanto, se trata de las sustancias Monoatómicas (gases nobles) y sustancias moleculares formadas por dos o más átomos idénticos.

Algunos elementos, cuando se encuentran en estado gaseoso, se presentan como moléculas diatómicas. Los más frecuentes son H₂ (dihidrógeno, hidrógeno gas o hidrógeno molecular), el oxígeno se puede presentar también en forma de molécula triatómica O₃ (trioxígeno u ozono).

Los gases nobles son siempre monoatómicos.

Otros elementos pueden formar agrupaciones constituidas por más de dos átomos. Las más conocidas son las de azufre, que se representan por S_x (poliazufre), y el P₄ fósforo blanco o tetrafósforo. Por último, muchos elementos forman mallas de gran número de átomos. Es el caso de los metales y otras sustancias simples como el grafito y el diamante (dos formas del carbono). En este caso, se representan simplemente por el símbolo del elemento.

FUNCIONES QUIMICAS INORGANICAS



COMPUESTOS BINARIOS

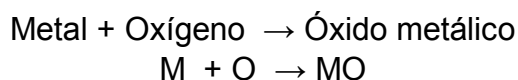
Están formados por dos elementos diferentes, de acuerdo a su composición se clasifican en:

- Óxidos (compuestos oxigenados)
- sales haloideas
- hidruros
- hidrácidos
- peróxidos.

a) **COMPUESTOS OXIGENADOS:** Son llamados en términos generales óxidos y pueden ser metálicos y no metálicos.

Óxidos básicos

El oxígeno (O) se combina con los metales (M) formando una clase de compuestos llamados óxidos metálicos (MO). Éstos son compuestos binarios, ya que están formados por dos elementos: el oxígeno y el metal.



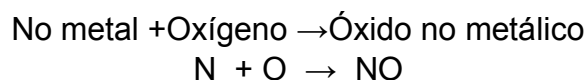
Los óxidos de los metales más electropositivos al combinarse con el agua forman compuestos llamados bases, y también se les llama óxidos básicos.

Las propiedades que caracterizan a estos compuestos reciben el nombre de función óxido básico.

FÓRMULA	Números de oxidación	Nomenclatura tradicional	Nomenclatura IUPAC stock
Na ₂ O	Na = +1 O = -2	Óxido de sodio	Óxido de sodio
Al ₂ O ₃	Al = +3 O = -2	Óxido de aluminio	Óxido de aluminio
Cu ₂ O	Cu = +1 O = -2	Óxido cuproso	Óxido de cobre (I)
CuO	Cu = +2 O = -2	Óxido cúprico	Óxido de cobre (II)

Óxidos ácidos o anhídridos

El oxígeno (O) también se combina con los no metales (N) formando compuestos llamados óxidos no metálicos (NO).



Los óxidos no metálicos al reaccionar con el agua producen compuestos llamados ácidos (oxiácidos), de ahí que se les llame también óxidos ácidos; otro nombre que reciben estos compuestos es el de anhídridos.

FÓRMULA	Números de Oxidación	Nomenclatura tradicional	Nomenclatura IUPAC moderno
N ₂ O	N = +1 O = -2	Anhídrido hiponitroso	Monóxido de dinitrógeno
As ₂ O ₃	As = +3 O = -2	Anhídrido arsenoso	tríóxido de diarsénico
Cl ₂ O ₇	Cl = +7 O = -2	Anhídrido perclórico	Heptóxido de dicloro
SO ₃	S = +6 O = -2	Anhídrido sulfúrico	Trióxido de azufre

b) **HIDRUROS METÁLICOS:** Son combinaciones binarias del hidrógeno con los metales, en las que el H tiene número de oxidación -1.

Los hidruros de los grupos 1 y 2 tienen un carácter iónico más acentuado que los de los grupos 13 y 14, que se caracterizan por poseer un carácter covalente importante.

FÓRMULA	Números de oxidación	Nomenclatura tradicional	Nomenclatura IUPAC Stock
KH	K = +1 H = -1	Hidruro de potasio	Hidruro de potasio
MgH ₂	Mg = +2 H = -1	Hidruro de magnesio	Hidruro de magnesio
CoH ₂	Co = +2 H = -1	Hidruro cobaltoso	Hidruro de cobalto (II)
AuH ₃	Au = +3 H = -1	Hidruro aurico	Hidruro de oro (III)

c) **HIDRÁCIDOS:** Resultan de la combinación del hidrógeno con los haluros o los anfígenos, elementos del grupo del oxígeno o del grupo del flúor:

El hidrógeno actúa con estado de oxidación +1 y el otro elemento con su estado de oxidación negativo. En disolución acuosa se comportan como ácidos. En cuanto a su nomenclatura, en primer lugar se dice el nombre genérico del ácido y en seguida se menciona el del no metal con la terminación "-hídrico"

FÓRMULA	Números de oxidación	Nomenclatura tradicional
H F	H = +1 F = -1	Ácido fluorhídrico
H ₂ S	H = +1 S = -2	Ácido sulfhídrico
HCl	H = +1 Cl = -1	Ácido clorhídrico

Hay EXCEPCIONES a estas reglas, ya que son sustancias que no tienen un comportamiento de ácidos y por lo tanto, reciben un nombre diferente, que en este caso es especial para cada compuesto, ejemplos:

FÓRMULA	Números de oxidación	Nomenclatura trivial
NH ₃	N = -3 H = +1	Amoníaco
B ₂ H ₆	B = -3 H = +1	Diborano
SiH ₄	Si = -4 H = +1	Silano
PH ₃	P = -3 H = +1	Fosfano o fosfina

d) **SALES BINARIAS (SALES NEUTRAS):** Las sales binarias son combinaciones de un metal con un no metal o dos no metales entre sí. En los compuestos de un metal y un no metal, el no metal actúa siempre con su estado de oxidación negativo. Surgen de la sustitución del hidrógeno de los hidrácidos por un metal.

Para nombrarlos, se cambia la terminación hídrico por uro. Respetando las diferencias en los números de oxidación de los elementos metálicos.

FÓRMULA	Números de oxidación	Nomenclatura tradicional	Nomenclatura IUPAC stock
Na ₂ S	Na = +1 S = -2	Sulfuro de sodio	Sulfuro de sodio
AlCl ₃	Al = +3 Cl = -1	Cloruro de aluminio	Cloruro de aluminio
SnBr ₂	Sn = +2 Br = -1	Bromuro estannoso	Bromuro de estaño (II)
AgI	Ag = +1 I = -1	Yoduro de plata	Yoduro de plata
Fe ₂ S ₃	Fe = +3 S = -2	Sulfuro férrico	Sulfuro de hierro (III)

e) **PERÓXIDOS:** Son combinaciones binarias del oxígeno con ciertos metales. Son derivados de los óxidos que contienen el agrupamiento -O-O- (peroxo). Como los dos oxígenos comparten una pareja de electrones, el número de oxidación del oxígeno es -1, pero se presenta siempre en forma de dímero: O₂⁻².

Si el estado de oxidación es par, se simplifican ambos subíndices, sin embargo nunca hay que simplificar el subíndice 2 del oxígeno y no se escribe el subíndice 1

Nomenclatura tradicional	Igual que la de de los óxidos sustituyendo la palabra óxido por peróxido.	Li ₂ O ₂ Peróxido lítico MgO ₂ Peróxido magnésico H ₂ O ₂ Agua oxigenada ⁽⁹⁾
Nomenclatura Stock	Igual que la de los óxidos sustituyendo la palabra óxido por peróxido.	Li ₂ O ₂ Peróxido de litio MgO ₂ Peróxido de magnesio H ₂ O ₂ Peróxido de hidrógeno

ESTADOS DE OXIDACIÓN DE LOS PRINCIPALES IONES

IONES SIMPLES POSITIVOS CON ESTADO DE OXIDACIÓN FIJO

+1	+2	+3
Li ⁺	Be ²⁺	Al ³⁺
Na ⁺	Mg ²⁺	
K ⁺	Ca ²⁺	
Rb ⁺	Sr ²⁺	
Cs ⁺	Ba ²⁺	
Ag ⁺	Cd ²⁺	
	Zn ²⁺	

IONES SIMPLES POSITIVOS CON ESTADOS DE OXIDACIÓN VARIABLES

+1 y +2	Cu y Hg
+2 y +3	Fe, Co y Ni
+1 y +3	Au
+2 y +4	Pb y Sn

IONES SIMPLES NEGATIVOS CON ESTADO DE OXIDACIÓN FIJO

-1	-2	-3
F ⁻ (Fluoruro)	S ²⁻ (Sulfuro)	N ³⁻ (Nitruro)
Cl ⁻ (Cloruro)	Se ²⁻ (Seleniuro)	
Br ⁻ (Bromuro)	O ²⁻ (Óxido)	
I ⁻ (Yoduro)	O ₂ ²⁻ (Peróxido)	
H ⁻ (Hidruro)		

IONES POLIATÓMICOS CON CARGA POSITIVA

NH ₄ ⁺	Ion Amonio
------------------------------	------------

IONES POLIATÓMICOS CON ESTADO DE OXIDACIÓN -1

Fórmula del Ion	Nombre del Ion	Fórmula del Ion	Nombre del Ion
OH ⁻	Hidróxido	BrO ₃ ⁻	Bromato
NO ₂ ⁻	Nitrito	BrO ₄ ⁻	Perbromato
NO ₃ ⁻	Nitrato	IO ⁻	Hipoyodito
ClO ⁻	Hipoclorito	IO ₃ ⁻	Yodato
ClO ₂ ⁻	Clorito	IO ₄ ⁻	Peryodato
ClO ₃ ⁻	Clorato	CN ⁻	Cianuro
ClO ₄ ⁻	Perclorato	CNO ⁻	Cianato
C ₂ H ₃ O ₂ ⁻	Acetato	SCN ⁻	Tiocianato
MnO ₄ ⁻	Permanganato	HSO ₄ ⁻	Bisulfato o Sulfato ácido
HCO ₃ ⁻	Bicarbonato	HSO ₃ ⁻	Bisulfito

IONES POLIATÓMICOS CON ESTADO DE OXIDACIÓN -2

Fórmula del Ion	Nombre del Ion	Fórmula del Ion	Nombre del Ion
SO ₃ ²⁻	Sulfito	C ₂ O ₄ ²⁻	Oxalato
SO ₄ ²⁻	Sulfato	CrO ₄ ²⁻	Cromato
S ₂ O ₃ ²⁻	Tiosulfato	Cr ₂ O ₇ ²⁻	Dicromato
CO ₃ ²⁻	Carbonato	SeO ₄ ²⁻	Selenato

IONES POLIATÓMICOS CON ESTADO DE OXIDACIÓN -3

Fórmula del Ion	Nombre del Ion
PO ₃ ⁻³	Fosfito
PO ₄ ⁻³	Fosfato
AsO ₃ ⁻³	Arsenito
AsO ₄ ⁻³	Arseniato
BO ₃ ⁻³	Borato
Fe(CN) ₆ ⁻³	Ferricianuro

ELEMENTOS CON ESTADOS DE OXIDACIÓN VARIABLES

N	-3, +2, +3, +4, +5
As, Sb	-3, +3, +5
Bi	+3, +5
S, Se, Te	-2, +2, +4, +6
Cl	-1, +1, +3, +5
Br	-1, +1, +5
I	-1, +1, +5, +7
Mn	+2, +3, +4, +6, +7
Cr	+2, +3, +6
P	-3, +3, +4, +5

BIBLIOGRAFÍA

1. Química. Raymond Chang. Novena Edición. Páginas 4 – 14.
2. Fundamentos de Química. Ralph A. Burns. Cuarta edición. Páginas 12- 20.
3. Química General. Ralph H. Petrucci, F. Geoffrey Herring, Jeffry D. Madura y Carey Bissonnette. Décima edición.
4. Hipertexto Santillana, Química. César Humberto Mondragón Martínez. Luz Yadira Peña Gómez. Martha Sánchez de Escobar. Fernando Arbeláez Escalante. Diana González Gutiérrez, 2010
5. Imágenes de Internet.
6. Química General “Un nuevo enfoque en la enseñanza de la Química” Javier Cruz Guardado, Maria Elena Osuna Sánchez, Jesús Isabel Ortiz Robles. Segunda Edición 2008.
7. Química inorgánica. Francisco Higinio Recio del Bosque. Cuarta Edición.