

Química de Todos los Días: Un Mundo de Óxidos.

J. Alfredo Gutiérrez*

Aunque para el ciudadano común el término “óxido” usualmente tan sólo trae a la memoria la herrumbre que aparece en muchos objetos metálicos, en realidad abarca una gran variedad de sustancias, algunas de las cuales parecería improbable que pertenecieran a esta categoría, por ejemplo, el agua. Los óxidos son tan variados y tan cotidianos que, ellos o algunas especies químicas derivadas, constituyen la gran mayoría de nuestro mundo mineral y en algunos casos, incluso, son fundamentales para la vida. Un aspecto particularmente interesante de los óxidos es que los hay de dos tipos principales: ácidos y alcalinos; a su vez estos dos tipos de óxidos son antagonistas químicos de tal modo que mutuamente se neutralizan produciendo sustancias muy estables llamadas sales. Estas reacciones de neutralización son también fundamentales tanto para el mundo natural como para nuestro modo de vida moderno.

When common people listen the word “oxide” usually they only think of the rust that forms on the surface of some metallic objects, but the term, however, embraces a wide variety of substances. Water, for instance, is a true oxide. Oxides are so many and common that it is hard to believe that these, or some of their derivatives, compose most of the mineral world and in some cases they are vital for life. It is interesting to note that there are two main classes of oxides: acidic and alkaline. These types of oxides are chemical antagonists in such a way that neutralize each other producing salts, some kind of very stable substances. Neutralizing reactions are very important for both the natural world and people’s everyday life.

Recibido: 9 de Agosto de 2002

Aceptado: 26 de Septiembre de 2002

* Universidad de Guanajuato, Facultad de Química. Noria Alta s/n. Guanajuato, Gto., 36050

In Memoriam: Dr. Jacobo Gómez Lara.

¿Habrá alguien que no haya escuchado o utilizado alguna vez términos “propios” del lenguaje de los químicos tales como *óxido* u *oxidación*? Es poco probable, particularmente en estos “tiempos de globalización” en los que, con cierta frecuencia, conocemos palabras surgidas de las disciplinas científicas. Por ejemplo, es muy probable que no nos resulten del todo extraños los términos: *clonación*, *capa de ozono*, *efecto invernadero*, *energía nuclear*, *cibernética*, “*clorofluorocarbonos*”, *mutación*, o bien: *óxido*, *oxidación* y *oxígeno*. Estas tres últimas palabras evidentemente están relacionadas entre sí y surgieron de la Química; fueron acuñadas hace unos 250 años por el gran científico francés Antoine Lavoisier (1743-1794) como una consecuencia directa de las investigaciones que lo llevaron a aislar e identificar por vez primera al *oxígeno*, nombre que significa “formador de ácidos”. Esto último es esencialmente correcto, aunque sólo describe una parte de la conducta de este elemento químico, según hemos de revisar a lo largo de este relato. En tal investigación, el sabio francés introdujo los métodos cuantitativos en la investigación química, lo cual constituye una de las aportaciones más trascendentales al desarrollo de esta Ciencia. Por esta y otras razones, Lavoisier es considerado, con toda justicia, *El Padre de la Química*.

Desde su origen, los humanos han mostrado una gran fascinación por la naturaleza de la materia así como por poder transformarla. Durante los tiempos de esplendor de la cultura egipcia y hasta los siglos XVI y XVII se desarrolló la *alquimia*, una especie de *arte* que mezclaba la magia con rudimentarias técnicas químicas, lo cual la hacían muy poco eficaz. Quien haya leído sobre el legendario mago *Merlín* o visto la película de dibujos “*El Aprendiz de Brujo*” podrá tener una idea del misticismo y empirismo que rodeaban a la *alquimia*, aunado a una buena dosis de superstición. Uno de los principales objetivos de esta pseudociencia era el transformar a los metales “corrientes” como el plomo, el cobre o el zinc, en el muy cotizado oro, lo cual, ahora sabemos, es imposible mediante meros procedimientos químicos. No obstante, se reco-

PALABRAS CLAVE: Óxidos; Oxidaciones; Química en la vida diaria; Lluvia ácida; Efecto invernadero.

KEYWORDS: Oxides; Oxidations; Every-day chemistry; Acid rain; Greenhouse effect.

noce que este arte y sus practicantes, los *alquimistas* (ver figura 1), fueron el germen de la Química, ciencia que mucho ha contribuido a los grandes logros científicos y tecnológicos que disfrutamos en el mundo moderno. En realidad, la aportación de Lavoisier permitió que los *alquimistas* condujeran sus esfuerzos por el camino de la ciencia, convirtiéndose ahora en *químicos*: los que hacen la Química.



Figura 1. Un *alquimista* del siglo XVI desarrollando una “revolucionaria” fórmula en su búsqueda de la piedra filosofal: “...seguidamente, agregue un escorpión completo...”. (Pintor desconocido. Museo Goethe de Frankfurt, Alemania. Tomado de: *7000 Jahre Chemie*, por Otto Krätz, Nikol Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, Hamburg, 1999).

Sin embargo, es también de reconocerse que el extraordinario desarrollo de la Química viene poniendo en riesgo nuestra propia supervivencia..... pero irónicamente, en buena medida la salvación radica en esta misma ciencia. Y en ello, los óxidos juegan un papel relevante, según habremos de relatar.

OXÍGENO, ÓXIDOS Y OXIDACIONES

La palabra “óxido” en la vida diaria nos remite a la herrumbre rojiza que se forma en muchos objetos metálicos (clavos, la lámina de los automóviles y partes del motor, bisagras en las puertas que rechinan, etc.) y que se considera sintomático del deterioro del material. Cuando un metal como el hierro está *oxidado* o corroído, ello nos indica que éste se “echó a perder”. La herrumbre, ó corrosión u *oxidación* generalmente corresponde a la acción combinada de la humedad y el oxígeno [O₂]” del aire sobre el hierro metálico, por lo que podemos evitarla si protegemos al metal de esta “mezcla fatal”, por ejemplo cubriéndolo con una capa de pintura “de aceite”,.... y que mejor si ésta es “anticorrosiva”.

En efecto, la corrosión de un metal corresponde al proceso que también los químicos llaman *oxidación*. Sin embargo, este término no sólo incluye esta concepción del ciudadano común, sino que abarca un universo aún más amplio..... y que también tiene sus consecuencias en la vida cotidiana. Para empezar, no sólo puede oxidarse el hierro; esto también le ocurre a otros metales bien conocidos como el cobre cuyo óxido es verdoso, o el aluminio, el estaño y el zinc que producen óxidos blancos. Igualmente, nosotros mismos podemos oxidar a un elemento tal como el carbono (ese combustible sólido de color negro que a veces usamos en los días de campo para asar carne) o bien podemos oxidar sustancias de origen animal o vegetal o derivados del petróleo (gasolina, aceites lubricantes, etc.) cuando les prendemos fuego, generando así una gran cantidad y variedad de óxidos según veremos adelante. Menos evidente es la oxidación del silicio [Si], elemento químico que realmente nunca vemos pero que está presente en los transistores y microcircuitos de muchos aparatos eléctricos y que puede ocurrir si se rompe la cubierta o película protectora. La oxidación de la película reflectante de aluminio

** En adelante, la mayoría de los elementos y compuestos químicos mencionados en el texto irán seguidos de su fórmula química entre corchetes.

[Al] de los discos compactos, CD's, es precisamente el factor que puede limitar la longevidad de estos sistemas aparentemente "eternos" para reproducir música y almacenar información. También algunos de los gases atmosféricos como el nitrógeno [N₂] pueden oxidarse; esta sustancia difícilmente puede llevar a cabo reacciones químicas por lo que se le considera "inerte" (incapaz de reaccionar), pero puede oxidarse durante las tormentas eléctricas (figura 2).



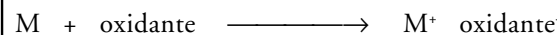
Figura 2. Tormenta eléctrica. La fuerte descarga eléctrica de un rayo hace que el nitrógeno [N₂] sea oxidado por el oxígeno [O₂] produciendo los óxidos de nitrógeno: NO y NO₂.

A propósito del nitrógeno: este gas constituye unas tres cuartas partes del aire que respiramos y tiene un papel fundamental para la vida en la Tierra gracias a que es inocuo y disminuye la concentración del oxígeno en la atmósfera; si ésta fuera sólo de oxígeno, el aire sería tan corrosivo para nuestros pulmones que pronto moriríamos y de hecho mataría a la mayoría de los seres vivos. Incluso, la menor chispa en una atmósfera de oxígeno puro provocaría que casi todo ser viviente, animal o vegetal, ardiera como yesca (se oxidara) tal y como ocurre con los bosques y pastos secos en los incendios forestales (noticia para los naturistas: el "oxígeno puro" es mortal, no así el "aire puro"). Y hablando de

óxidos "cotidianos" ¿Podríamos creer que el agua es un óxido?, pues lo es: se trata del óxido de hidrógeno [H₂O], aunque a fin de cuentas, un óxido de características muy particulares.

LA NATURALEZA DE LAS OXIDACIONES

En realidad, cualquier oxidación química corresponde a la pérdida de cargas negativas (electrones) por una sustancia química (M, ver esquema 1) al estar frente al agente oxidante, el cual "se queda con ellas".



Esquema 1

Dado que el oxígeno gaseoso es una especie química que con mucha facilidad sustrae electrones de otras sustancias y éste es omnipresente en la biósfera, una gran cantidad de los procesos de oxidación naturales en la Tierra involucran a este elemento; dicen los químicos que *vivimos en una atmósfera de naturaleza oxidante*, de aquí el título de este relato.

No obstante, no sólo el oxígeno es capaz de oxidar a otros compuestos químicos, existen otras sustancias oxidantes aún más potentes; de hecho el propio oxígeno puede ser oxidado si éste se encuentra frente a una sustancia que le pueda quitar electrones. Esto último no se ha observado de manera natural en la Tierra, pero los químicos pueden hacerlo en sus laboratorios. En realidad hay varias sustancias capaces de oxidar a muchos compuestos químicos, con la misma e incluso mayor facilidad que lo hace el oxígeno del aire [O₂]; un ejemplo cotidiano: el ozono [O₃]. Esta sustancia gaseosa corresponde a una "presentación" diferente, aunque mucho menos abundante, en la cual podemos encontrar al oxígeno en la naturaleza. El ozono es un agente tóxico como consecuencia de su fuerte poder oxidante y se produce en las ciudades por la acción de la luz solar sobre el dióxido de

nitrógeno, $[\text{NO}_2]$, que a su vez es un contaminante generado principalmente por los automóviles. Sin embargo, el ozono también se produce en forma natural en las capas altas de la atmósfera (*capa de ozono*) donde tiene un papel fundamental para la vida ya que neutraliza la mortal radiación ultravioleta que proviene del espacio exterior. Otros ejemplos de oxidantes fuertes son los conocidos limpiadores caseros del tipo del "Cloralex", los cuales liberan cloro atómico $[\text{Cl}]$ que es el agente que blanquea y decolora la ropa por su fuerte efecto oxidante sobre las manchas y los colorantes del tejido. Pero por ahora, eso es "harina de otro costal". Aquí sólo queremos hablar de las sustancias estrictamente llamadas ÓXIDOS (aún por los químicos) y que se refieren a aquéllas que se originan de la unión química entre algún elemento químico y el oxígeno cuando éste último le quitó electrones al primero.

VARIEDAD EN LOS ÓXIDOS

Los óxidos se han estado produciendo continuamente desde el mismo momento del origen de la Tierra, muchísimo antes que hubiera clavos, herramientas u otros artículos metálicos elaborados por el humano. De hecho, una buena parte de los elementos de la Tabla Periódica de manera natural se encuentran asociados al oxígeno en formas químicas muy estables. Una de las especies químicas más abundantes a nivel de la corteza terrestre es el bióxido de silicio $[\text{SiO}_2]$, también llamado *silice* o *silica* por los químicos, siendo el cuarzo una de sus formas cristalinas naturales mejor conocida. A propósito de esto, los cristales minerales como el cuarzo están de moda entre aquellos que creen que pueden curarse de sus males (físicos y espirituales) al acercarlos a su cuerpo; desafortunadamente para la Medicina, esto *no puede* tener mayores efectos sobre la gente que los que podría tener el acercarse un pedazo de vidrio o un trozo de hielo. Tal vez un cristal como el diamante u otro tipo de piedra preciosa pudiera dar cierto alivio, pero derivado tan solo de su elevado valor monetario.

En la corteza terrestre existe una amplia variedad mineral de especies químicas llamadas genéricamente *silicatos*; estos compuestos están íntimamente relacionadas con la *silice* y de hecho los silicatos pueden considerarse "sales" derivadas de ésta (ver adelante). Esta gran abundancia de la silice y los silicatos no es casual ya que el oxígeno junto con el silicio son los dos elementos más abundantes de la corteza terrestre, representando en conjunto unas tres cuartas partes del peso de cualquier muestra del suelo (rocas, tierras, arenas, etc.). Irónicamente, el cuarzo es tan abundante en el suelo que pisamos así como en las paredes y techos que nos rodean (cuando contienen cemento, arena, ladrillos o tierra) que, de acuerdo a los "sanadores" con cristales, ¡¡ todos lo seres vivos deberíamos gozar de cabal salud !!

Algún día aprendimos, en nuestros primeros años escolares, que en la respiración de los seres superiores se produce *bióxido de carbono* $[\text{CO}_2]$, también llamado *anhídrido carbónico*, que es uno de los diferentes óxidos que puede formar el elemento carbono (otro es el tóxico *monóxido de carbono*, CO). A diferencia del óxido de hierro, el bióxido de carbono no es herrumbroso y de hecho ni siquiera lo podemos ver ni oler ya que es un gas que nos resulta casi inodoro en bajas concentraciones. En la combustión de pastos y bosques (que a veces ocurren en forma natural) se generan, además del bióxido de carbono, otros óxidos gaseosos como el bióxido y el trióxido de azufre $[\text{SO}_2$ y $\text{SO}_3]$; diferentes óxidos de nitrógeno $[\text{NO}$ y $\text{NO}_2]$; pero también queda un residuo grisáceo, y es lo que denominamos cenizas, que corresponde principalmente a los óxidos de potasio $[\text{K}_2\text{O}]$; sodio $[\text{Na}_2\text{O}]$; calcio $[\text{CaO}]$; magnesio $[\text{MgO}]$ así como de otros elementos metálicos.

En este punto podemos destacar que los óxidos pueden ser gaseosos (por ejemplo, los de carbono, nitrógeno y azufre), sólidos (por ejemplo, los de hierro, cobre, sodio, calcio o silicio) e incluso, aunque con menos frecuencia, líquidos (el agua, sin duda). Otra característica muy interesante de los óxidos es su comportamiento