

## La lluvia ácida

La lluvia es ligeramente ácida. Su pH es aproximadamente 5,6 porque contiene, disuelto, dióxido de carbono de la atmósfera. La acidez del agua de lluvia empieza a ser preocupante cuando el pH es inferior a 5,6. Entonces se habla de lluvia ácida. En general se admite que esta acidificación se debe a los óxidos de azufre y de nitrógeno presentes en la atmósfera a consecuencia de los procesos de combustión.

La mayor fuente de óxidos de azufre la constituye la combustión de carbón y petróleo en las centrales que generan electricidad. Ambos contienen pequeños porcentajes de azufre (1-3%), en gran parte en forma de minerales. Los procesos metalúrgicos constituyen una fuente principal de óxidos de azufre. La cantidad de óxido de azufre procedente de fuentes naturales es muy pequeña (erupciones volcánicas). El dióxido de azufre se oxida en la atmósfera a trióxido de azufre que reacciona con gotas de agua formando ácido sulfúrico diluido.

Los óxidos de nitrógeno se generan fundamentalmente cuando se queman combustibles a altas temperaturas, como resultado de la combinación de nitrógeno atmosférico y oxígeno. Los medios de transporte son fuente importante de óxidos de nitrógeno, también se producen en los incendios forestales y las quemaduras agrícolas. Como fuente natural de los óxidos de nitrógeno podemos mencionar la formación de NO a partir de la descomposición de compuestos nitrogenados, debida a la actividad

bacteriana en el suelo. En el aire, el NO se convierte lentamente en NO<sub>2</sub>, que reacciona con gotas de agua de lluvia para formar una solución de ácido nítrico.

La importancia relativa de la contribución del ácido sulfúrico (70%) y el ácido nítrico (30%) al contenido de la lluvia ácida no es constante. Además, los óxidos de azufre y nitrógeno pueden desplazarse a considerables distancias antes de combinarse con el agua y precipitarse en forma de ácidos, haciendo que el problema creado en unos países sea sufrido también en países vecinos. Así, en Suecia se culpa a Gran Bretaña de la lluvia ácida que padecen y ocurre lo mismo entre Estados Unidos y Canadá.

La lluvia ácida es la responsable de la acidificación de los lagos y ríos. La lluvia ácida disuelve los compuestos de aluminio del suelo y los desplaza hasta los lagos donde puede envenenar a los peces. La vida vegetal también está afectada por la lluvia ácida, ya que acaba con microorganismos de los suelos que son los responsables de la fijación del nitrógeno y también disuelven y desplazan disueltos de magnesio, calcio y potasio, que son esenciales. También puede disolver la capa cerosa que recubre las hojas y las protege del ataque de hongos y bacterias. Ya se han detectado los efectos adversos de la lluvia ácida de los árboles. Es conocido el deterioro que sufren los bosques de Europa Central, Canadá y Estados Unidos. Su incidencia en las zonas de mayor concentración industrial o, de mayor pluviometría merece consideración. Las aguas ácidas pueden desprender el cobre de las tuberías, los altos niveles de cobre en el agua acidificada empleada para el consumo puede producir diarrea. Además, la lluvia ácida ha causado daños

directos a estructuras arquitectónicas, que han soportado durante siglos la acción devastadora de los agentes atmosféricos naturales, provocando el deterioro de monumentos famosos como el Partenón y el Taj Majal.

Una de las soluciones al problema de la lluvia ácida es la adición de cal (CaO) a los lagos para neutralizar el ácido, pero este procedimiento resulta grave, la solución más evidente del problema consiste en reducir las emisiones de aquellos óxidos. Así, se puede eliminar azufre del petróleo y carbón o utilizar combustibles en bajos contenidos de azufre. Un intento diferente es añadir caliza al horno donde se produce la combustión. Esta reacciona con los óxidos de azufre una vez se han formado dando lugar como producto final al  $\text{CaSO}_4$  otro método es, después de la combustión hacer reaccionar el  $\text{SO}_2$  producido con la disolución acuosa de hidróxido de calcio. La emisión de los óxidos de nitrógeno se puede reducir en los motores de combustión bien reciclando un porcentaje de los gases de expulsión o bien utilizando un catalizador que convierte el NO en  $\text{N}_2$ , el CO y los hidrocarburos no quemados en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ .