

Cuando la atmósfera recibe fuertes dosis de óxidos de azufre y nitrógeno, éstos compuestos por reacciones químicas complejas se convierten parcialmente en ácido sulfúrico y nítrico.

Algunas de esas partículas ácidas desaparecen por gravedad o por impacto contra el suelo, edificios, plantas, etcétera: es la llamada precipitación seca.

Otras, permanecen en la atmósfera, se combinan con la humedad de las nubes y caen con la lluvia, la nieve y el rocío: es la lluvia ácida.

## **1. DEFINICIÓN DE LA LLUVIA ÁCIDA.**

La lluvia ácida es un fenómeno que se produce por la combinación de los óxidos de nitrógeno y azufre provenientes de las actividades humanas, con el vapor de agua presente en la atmósfera, los cuales se precipitan posteriormente a tierra acidificando los suelos, pero que pueden ser arrastrados a grandes distancias de su lugar de origen antes de depositarse en forma de lluvia.

El carbón, así como otros combustibles minerales, son los responsables de verter a la atmósfera el óxido de azufre. Las altas temperaturas de las combustiones combinan químicamente el nitrógeno y el oxígeno presentes en el aire y forman el óxido de nitrógeno.

Las centrales eléctricas, las industrias grandes y pequeñas y las casas donde se combustiona carbón son los responsables, junto a los usuarios de petróleo, de este tipo de contaminación.

La lluvia ácida es una consecuencia directa de los mecanismos de auto limpieza de la atmósfera. Esta lluvia depende de la mezcla de contaminantes, pero, ¿que contienen estas mezclas?

Cuando los combustibles fósiles arden y los minerales que contienen azufre se funden, este se convierte en  $\text{SO}_2$  gaseoso. Además las elevadas temperaturas de la combustión llevan la oxidación de nitrógeno atmosférico y a la consiguiente formación de NO y en menor grado de  $\text{NO}_2$ .

Cuando estos contaminantes primarios salen de sus fuentes, la concentración atmosférica de los mismos disminuye: al mezclarse las nubes (penachos) de aire contaminado con el aire limpio, al perderse los contaminantes cuando se depositen y al transformarse algunos de ellos. Con la formación de contaminantes secundarios tienen lugar dos transformaciones de especial importancia:

a) La reacción a la luz del sol entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos (queroseno) para formar el ozono.

b) La creciente posibilidad de transformarse con el tiempo en ácidos sulfúricos y nítricos.

La mayoría de los primeros reaccionan con otras sustancias para formar partículas, como el sulfato de amoníaco, mientras que cantidades significativas de ácido nítrico alcanzan sus objetivos en forma de gas. No obstante, los productos de la reacción en partículas de ácido nítrico, han llegado a ser relativamente más importantes a medida que cobran importancia las emisiones de contaminantes de los vehículos.

Según Albert, L, este fenómeno se debe a la incorporación y formación de compuestos ácidos en la atmósfera a partir de emisiones (como partículas y gases) de vehículos de motor y de fuentes industriales, además de aquellos contaminantes que son emitidos por fuentes naturales como los procesos geológicos (erupciones volcánicas) y biológicos (emisiones biogénicas derivadas de distintos tipos de fermentación aeróbica y anaerobia), incendios forestales y descargas eléctricas.

En las zonas industrializadas, los precursores primarios de la lluvia ácida son el bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) presentes en la atmósfera. La lluvia ácida se produce cuando estos gases son oxidados en la atmósfera y reaccionan con el agua de lluvia formando los ácidos respectivos. El SO<sub>2</sub> genera el ácido sulfuroso (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) y sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), de la misma forma los ácidos nitroso (HNO<sub>2</sub>) y nítrico (HNO<sub>3</sub>):

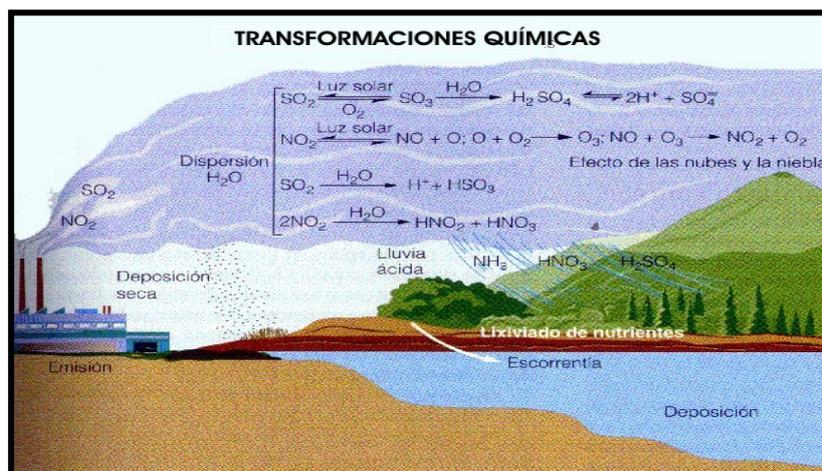
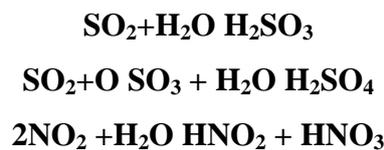


IMAGEN 1. Ecuaciones químicas de la lluvia ácida.

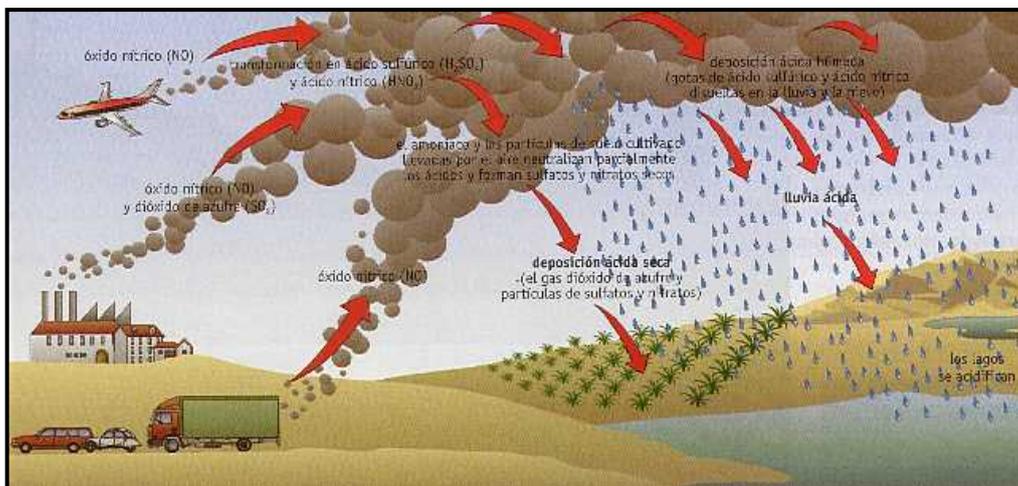
El pH es el símbolo que utiliza la química para medir la acidez o alcalinidad de las soluciones (equivale al logaritmo decimal negativo de la concentración de iones hidrógeno). Una solución neutra tiene un pH de 7 (la escala va de 0,0 a 14,0), por debajo de 7 se considera medio ácido y por encima de 7,0, medio alcalino. La llamada lluvia ácida tiene un pH inferior a 5,6 y puede ir hasta 2,5 y excepcionalmente 1,5.

Una solución con un pH 6 es diez veces más ácida que una de pH 7, una de pH 5, cien veces más ácida, la proporción se va multiplicando por diez a medida que disminuyen los valores del pH.

## **2. LOS EFECTOS DE LA LLUVIA ÁCIDA.**

Los efectos de la lluvia y la precipitación ácida en lagos y corrientes de aguas implica la muerte de crustáceos, insectos acuáticos y moluscos y la desaparición del fitoplancton, lo que provoca con el tiempo la imposibilidad de supervivencia del resto de la fauna por falta de alimento y vuelve los lagos transparentes.

En el suelo, la acidez penetra en la tierra y afecta las raíces de los árboles, al tiempo que sus hojas se ven afectadas también directamente por las gotas de lluvia que reciben. El proceso de envenenamiento de la flora termina con la muerte de las plantas y árboles.



**IMAGEN 2.** Ciclo de la lluvia ácida.

Los edificios y las construcciones de hormigón también se ven seriamente afectados, deben ser continuamente restaurados, y en los animales se ha observado pérdida de pelo y desgaste prematuro de mandíbulas entre otras afecciones.

La consecuencia de la lluvia ácida en el ser humano determina un incremento muy importante de las afecciones respiratorias (asma, bronquitis crónica, síndrome de Krupp, etcétera) y un aumento de los casos de cáncer.

La contaminación debilita todo el organismo, sea humano, vegetal o animal, y eso provoca una disminución de las defensas y una mayor disposición a contraer enfermedades. Los más afectados son los niños, las personas mayores, las mujeres embarazadas y los aquejados de dolencias crónicas como corazón, circulación y asma.

La actual preocupación por la lluvia ácida nació cuando Odén analizó los datos recogidos en 160 lugares de la Red Química Europea del Aire durante el período de 1956 a 1966. Él demostró que la precipitación se había hecho cada vez más ácida en algunas partes de Europa durante este período.