

# LLUVIA ACIDA

Francisco Javier Flores Márquez, Marco Antonio Pérez Martín

**Resumen**— La lluvia ácida es un fenómeno por el cual la lluvia presenta un pH más ácido (entre 4.2 y 4.4) del habitual debido a la contaminación atmosférica. Este hecho, conocido desde el siglo XIX, sigue teniendo lugar hoy en día, y sus consecuencias repercuten en la vida de numerosos organismos, desde plantas hasta peces pasando por nosotros, los humanos.

**Palabras Claves**— smog ácido, industrialización, contaminantes

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el fenómeno de la lluvia ácida va en aumento y causa continuamente daños a la salud humana, el medio ambiente y los materiales.

Tiene su origen en la Revolución Industrial, época en la que se comenzaron a construir y ampliar fábricas e instalaciones industriales, cuyos residuos contenían compuestos como dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno. Cuando se expone al vapor de agua y al oxígeno depositados en el medio ambiente, reaccionará para formar ácidos que son muy dañinos para todos los seres vivos.

Este problema se da en todos los países del planeta, especialmente en los países industrializados. Eso significa países desarrollados porque tienen el mayor número de establecimientos industriales.

Es por esto que, si bien no es posible eliminar los componentes de la lluvia ácida para evitar su precipitación. Si, esta formación se puede reducir significativamente. La controversia acerca del efecto de la deposición ácida surgió cuando crecieron las concentraciones de ésta en los lagos, ríos y bosques. En algunas regiones fuertemente industrializadas, los gases de cloruro de hidrógeno liberados a la atmósfera producen ácido clorhídrico, que también puede ser un componente de lluvia ácida.

Por todo ello, los ambientalistas han hecho un exitoso debate al hacer de la lluvia ácida un asunto de interés nacional e internacional.

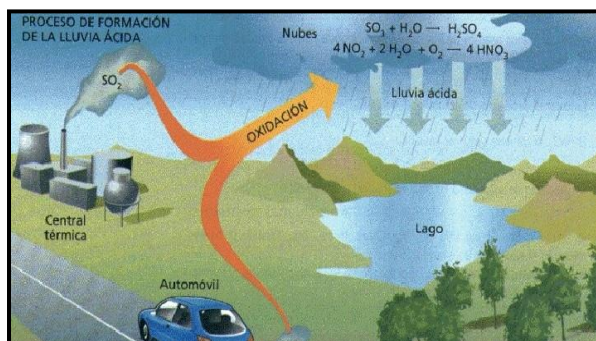


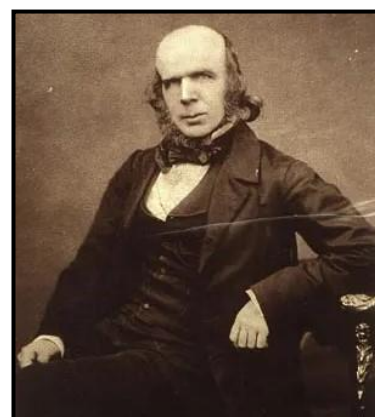
Figure 1. Proceso de formación de la lluvia ácida.

A continuación desarrollaremos más a fondo el tema de la lluvia ácida.

## 2. ANTECEDENTES HISTORICOS

Hay estudios que demuestran que la lluvia es ahora 100 veces más ácida que hace 200 años. El problema de la lluvia ácida comenzó con la Revolución Industrial y desde entonces no ha hecho más que empeorar. Por ejemplo, las zonas altamente industrializadas experimentan períodos de **smog ácido**<sup>1</sup>, pero su poder destructivo también existe en zonas alejadas de la fuente de contaminación.

Esto se encuentra en amplias zonas del norte de Europa, donde la lluvia ácida provoca graves daños como erosión del suelo, daños a bosques y cultivos y extinción de especies en lagos, mares u océanos.



La lluvia ácida es un término comúnmente utilizado para describir el fenómeno de la precipitación ácida en condiciones tanto húmedas como secas y es una nueva incorporación a nuestro lenguaje. Esto sucedió en la década de 1950, cuando se reconoció la presencia generalizada de lluvia ácida.

Las preocupaciones sobre la lluvia ácida surgieron por primera vez en 1972 en un foro ambiental internacional durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano en Estocolmo, Suecia. Se convierte en ácido sulfúrico en la atmósfera y precipita en el suelo y en las aguas continentales en forma de lluvia ácida.

También explicaron que esta contaminación había dañado el ecosistema nórdico, provocando la contaminación de

lagos y aguas por lluvia ácida y nevadas debido a altas concentraciones de ácido sulfúrico.

### 3. AGENTES PRECURSORES DE LA LLUVIA ACIDA

#### 3.1 Fuentes generadoras

Las sustancias precursoras de la lluvia ácida se utilizan principalmente en refinerías de petróleo, centrales térmicas, industrias que utilizan hornos, industrias minerales, compuestos de cloro, o producción de amoníaco orgánico durante la combustión de combustibles. Generación o almacenamiento de compuestos orgánicos volátiles (COV).

Otras fuentes incluyen descargas eléctricas y la introducción de óxidos de nitrógeno desde la estratosfera a la troposfera.

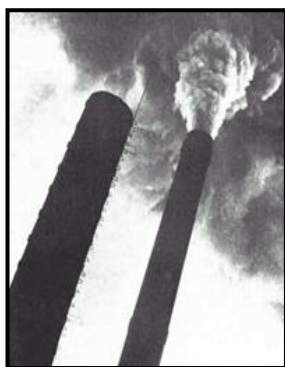


Figure 3. Principal fuente de lluvia ácida.

#### 3.2 PRINCIPALES CONTAMINANTES

- **Óxidos de azufre:** Al quemar los combustibles fósiles que contienen azufre (como el carbón y los derivados del petróleo) se producen los óxidos de azufre. En el carbón, el azufre puede presentarse de diversas formas (pirolítico, inorgánico, u orgánico) que en el proceso de combustión produce dióxido y trióxido de azufre,  $SO_2$  y  $SO_3$ , respectivamente. Prácticamente todo el  $SO_3$  queda retenido en las cenizas de carácter alcalino pues reacciona con ellas. El  $SO_2$ , menos reactivo sale con los gases de combustión. Estos ácidos se solubilizan en el agua de las nubes, acidificando las lluvias, la nieve y la niebla.

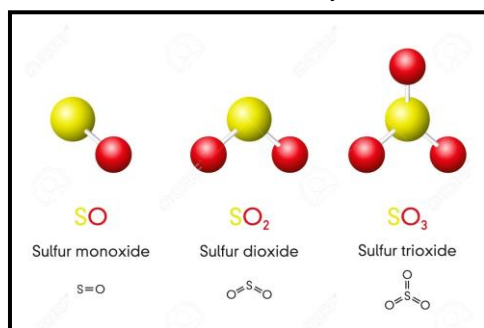


Figure 4. Óxidos de azufre.

- **Óxidos de nitrógeno:** De los seis óxidos de nitrógeno, el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) son importantes contaminantes del aire.

Proceden del nitrógeno del aire (compuesto de un 79% de nitrógeno en forma de  $N_2$  y en un 21% de oxígeno en forma de  $O_2$ ) que debido a las altas temperaturas de la combustión se descompone y oxida dando lugar a la formación de varias especies químicas de oxígeno y nitrógeno identificadas genéricamente como  $NO_x$ .

El NO es el que está presente en mayor medida en las emisiones, pero en presencia del oxígeno atmosférico se transforma rápidamente a  $NO_2$ . Por este motivo se toma como estándar para efectos de cálculos (ej. modelación) y mediciones (calidad del aire) de los  $NO_x$  como si todo estuviera en forma de  $NO_2$ .

La formación de óxidos de nitrógeno no tiene que ver estrictamente con la combustión sino con la temperatura.

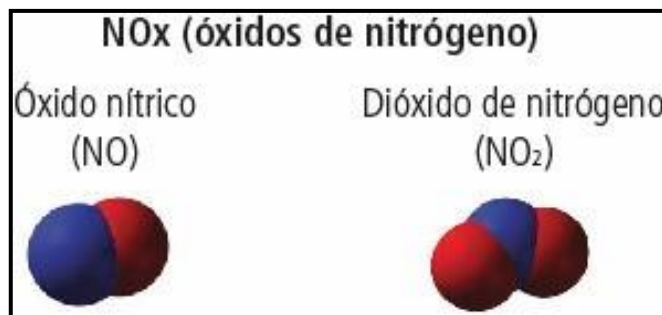


Figure 5. Óxidos de nitrógeno.

### 4. EFECTOS DE LA LLUVIA ÁCIDA

El pH de la lluvia cambia al combinarse con el ácido sulfúrico y el ácido nítrico, por lo que cuando cae sobre el suelo y las aguas altera sus características químicas y pone en peligro el equilibrio de los ecosistemas. Es lo que se conoce como acidificación del medio ambiente, un fenómeno que tiene graves efectos:

- Los océanos pueden perder biodiversidad y productividad. La bajada del pH de las aguas marinas perjudica al fitoplancton, fuente de alimento de distintos organismos y animales, lo que puede modificar la cadena trófica y conllevar la extinción de diferentes especies marinas.
- Las aguas continentales se están acidificando rápidamente. Esta acidificación conduce a mayores concentraciones de iones metálicos, especialmente iones de aluminio, que matan a la mayoría de los peces, la vida acuática y las plantas.

tas acuáticas en océanos ácidos. Además, los metales pesados son desplazados hacia las aguas subterráneas, que dejan de ser aptas para el consumo.



**Figure 6. Agua afectada por la lluvia ácida.**

- En los bosques, el bajo nivel de pH del suelo y la concentración de metales como el aluminio impiden que la vegetación absorba correctamente el agua y los nutrientes que necesita. Esto daña las raíces, disminuye el crecimiento y vuelve a las plantas más débiles y vulnerables a las enfermedades y plagas.



**Figure 7. Bosque afectado por la lluvia ácida.**

- Afecta al patrimonio artístico, histórico y cultural. Además de corroer los elementos metálicos de edificios e infraestructuras, deteriora el aspecto externo de los monumentos al depositarse sobre ellos.

## 5. MEDIDAS DE PREVENCIÓN

La acidificación del medio ambiente está en manos del ser humano: para mitigar la lluvia ácida es imprescindible reducir las emisiones contaminantes. Para ello debe de llevarse una serie de medidas a cabo:

- Filtrar y desintoxicar el agua utilizada por las fábricas antes de devolverla a los ríos.
- Reducir la emisión de gases contaminantes por parte de la industria.
- Favorecer la producción y el uso de energías limpias, en detrimento de los combustibles fósiles.

- Favorecer la producción y el uso de energías limpias, en detrimento de los combustibles fósiles.
- Potenciar la innovación y las nuevas tecnologías encaminadas a optimizar el consumo energético y desarrollar energías limpias.
- Potenciar la innovación y las nuevas tecnologías encaminadas a optimizar el consumo energético y desarrollar energías limpias.
- Concienciar a la población sobre la importancia de reducir el consumo de energía en los hogares.
- Fomentar el uso del coche eléctrico y de otros vehículos no contaminantes, como la bicicleta.

## 6. CONCLUSIONES

Como conclusiones sobre el artículo de la lluvia ácida sacamos varios puntos importantes:

- La existencia de la lluvia ácida es una amenaza sobre nuestro ambiente.
- La esencial problemática de dicha lluvia reside en el viento y las masas contaminantes que son transportadas por nuestro ambiente. Dichas masas y sustancias nocivas son generalmente creadas por la existencia de la industrialización.
- La tecnología humana puede causar grandes impactos económicos en extensas áreas del planeta afectando la contaminación.
- Por último los gases más solubles en agua como  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_x$  son los más afectantes a nuestro ambiente y los principales contaminantes.

Glosario:

[1 smog ácido](#): es el resultado de la contaminación atmosférica producida por los óxidos de azufre.

Referencias:

- [1] <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6998322>
- [2] [https://scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s2007-40182010000200009](https://scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2007-40182010000200009)
- [3] <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/lluvia-acida>
- [4] <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/los-agentes-precursores-de-la-lluvia-acida>
- [5] <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/lluvia-acida>
- [6] [https://www.academia.edu/download/53584670/lluvia\\_acido\\_terminado.pdf](https://www.academia.edu/download/53584670/lluvia_acido_terminado.pdf)