**LA LLUVIA ÁCIDA**

La lluvia ácida presenta un pH menor (más ácido) que la lluvia normal o limpia.  Constituye un serio problema ambiental ocasionado principalmente por la contaminación de hidrocarburos fósiles. Estos contaminantes son liberados al quemar carbón y aceite cuando se usan como combustible para producir calor, calefacción o movimiento (gasolina y diesel).

 El humo del cigarro es una fuente secundaria de esta contaminación, formada principalmente por dióxido de azufre (SO2) y óxidos de nitrógeno (NOx).  Las erupciones volcánicas y los géiseres contribuyen con una pequeña cantidad de estos contaminantes a la atmósfera.

 La lluvia ácida se forma generalmente en las nubes altas donde el SO2  y los NOx  reaccionan con el agua y el oxígeno, formando una solución diluida de ácido sulfúrico y ácido nítrico. La radiación solar aumenta la velocidad de esta reacción.

SO3+H2O --> H2SO4

2NO2+H20 --> HNO3 + HNO2

La lluvia, la nieve, la niebla y otras formas de precipitación arrastran estos contaminantes hacia las partes bajas de la atmósfera, depositándolos sobre las hojas de las plantas, los edificios, los monumentos y el suelo.

 A través del ciclo hidrológico, el agua se mueve en plantas y animales, ríos, lagos y océanos, evaporándose a la atmósfera y formando nubes que viajan empujadas por el viento, de tal suerte que si transportan contaminantes, éstos pueden alcanzar casi cualquier lugar sobre la superficie terrestre.

 Una lluvia ¨limpia¨ es imposible de despojar de partículas de polvo y polen y de un pH cercano al 5.6 (ligeramente ácido). Al adicionarse SO2 y NOx  el pH se torna dramáticamente ácido (por los ácidos sulfúrico y nitrico formados en la atmósfera).

 Los contaminantes pueden depositarse también en forma seca, como gas o en forma de pequeñas partículas. De hecho, casi la mitad de la acidez de la atmósfera se debe a este tipo de deposición.

 El viento se encarga de empujar estos contaminantes sobre los edificios, el suelo, el campo y aún, hacia nuestro interior con el aire que respiramos. Cierta parte de estos contaminantes la podemos ingerir con los alimentos a los que ha llegado polvo y gas.

**¿Cómo afecta la lluvia ácida?**

 La lluvia ácida huele, se ve y se siente igual que la lluvia normal, y se podría decir que podemos bañarnos con ella sin sentir un efecto inmediato especial. El daño que produce a las personas no es directo, es más inmediato el efecto de los contaminantes que producen esta lluvia y que llegan al organismo cuando éste los  respira, afectando su salud.

 Los productos del hombre, monumentos y edificios, son más susceptibles a la acción de la lluvia ácida. Muchas ruinas han desaparecido o están en vías de hacerlo, a causa de este factor.

En los bosques la situación es un tanto distinta. Aunque los científicos no se han puesto de acuerdo con respecto a los efectos inmediatos concretos, todos estiman que la lluvia ácida no mata directamente a plantas y árboles, sino que actúa a través de ciertos mecanismos que los debilitan, haciéndolos más vulnerables a la acción del viento, el frío, la sequía, las enfermedades y los parásitos. La lluvia ácida afecta directamente las hojas de los vegetales, despojándolas de su cubierta cerosa y provocando pequeñas lesiones que alteran la acción fotosintética. Con ello, las plantas pierden hojas y así, la posibilidad de alimentarse adecuadamente. En ocasiones la lluvia ácida hace que penetren al vegetal ciertos elementos como el aluminio (éste bloquea la absorción de nutrientes en las raíces), que afectan directamente su desarrollo.

 Los efectos de la lluvia ácida en el suelo pueden verse incrementados en bosques de zonas de alta montaña, donde la niebla aporta cantidades importantes de los contaminantes en cuestión.

 Las áreas de cultivo no son tan vulnerables a los efectos de la lluvia ácida, toda vez que generalmente son abonadas con fertilizantes que restituyen nutrientes y amortiguan la acidez.

 La naturaleza posee ciertos mecanismos para regular la acidez producida por causas naturales. El suelo, sobre todo el calizo, ejerce una acción amortiguadora (buffer) que impide que el pH se torne demasiado ácido. No obstante, la mayor cantidad de contaminantes llegan al medio como producto de la actividad humana, que los produce en cantidades colosales, que no pueden ser amortiguadas.

 En sitios donde los suelos no son tan buenos amortiguadores, o donde el aporte de contaminantes es muy superior a lo que puede reciclarse, se acentúan los efectos nocivos de la lluvia ácida.

  No contamos con un registro fiel que nos permita conocer el pH de diferentes terrenos a todo lo largo del territorio mexicano pero ya contamos con un acceso en red para conocer el pH del agua de lluvia en el DF en [SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE DEL D.F.  http://www.sma.df.gob.mx/](http://www.sma.df.gob.mx/)

Sólo como ilustración, presentamos la estimación que los investigadores Inés García y Carlos Dorronsoro, presentan para el caso de el [efecto de la acidez en Europa](http://www.sagan-gea.org/hojared/hoja13a.htm). Conviene analizar cada caso para establecer alguna relación con respecto a factores como:  tipo de suelo, actividad humana preponderante,  entre otros.

 Los efectos de la lluvia ácida en medios acuáticos (lagos, ríos, estanques) son más evidentes, toda vez que los organismos que en ellos habitan son más vulnerables a las variaciones de pH.

|  |  |
| --- | --- |
| ORGANISMO | LÍMITE QUE SOPORTA (pH) |
| trucha | 5.0 |
| perca | 4.5 |
| rana | 4.0 |
| salamandra | 5.0 |
| lombriz | 6.0 |
| mosca | 5.5 |
| acocil | 6.0 |

Los organismos adultos pueden ser mucho más resistentes a la acidez, no obstante, cuando los huevos o los jóvenes son afectados por ella, o cuando el alimento natural que los sostiene es abatido por la acidez, los adultos  se debilitan o la población merma y puede llegar a desaparecer.

Algunas de las especies químicas que hay en la atmósfera como el SO2, NO, NO2 , CO, CO2 , NH3 , pueden interactuar con el vapor de agua del aire produciendo iones o ácidos que son los que forman la lluvia ácida.

El agua pura tiene un pH = 7 a 25ºC y una presión de una atmósfera, se ioniza formando iones hidrógeno o protones y iones oxidrilo o hidroxilo, con una concentración  cada uno de 10-7 moles/L.

El agua de lluvia es ligeramente ácida porque el agua y el dióxido de carbono del aire forman ácido carbónico y tiene un pH entre 5.7 y 7. En lugares contaminados por ácido sulfúrico y ácido nítrico el pH de esa lluvia varía entre 5 y 3.

El dióxido de azufre y los óxidos nítrico y nitroso son originados principalmente por las termoeléctricas, los motores de combustión interna de coches y aviones y algunas otras industrias.

Casi todas las construcciones que hace el hombre como edificios, monumentos y maquinaria son corroídos por exposición prolongada a ácidos diluidos, sin embargo, sus efectos a largo plazo sobre la naturaleza son más importantes. El incremento de ácidos en el suelo acelera la velocidad de lixiviación de los nutrientes vitales como el calcio, para las plantas y la vida acuática (afecta el desarrollo de los huevos de los peces).

La lluvia ácida se forma gracias a reacciones como:

|  |
| --- |
| CO2  +  H2O  <========>  H2CO~~3~~  SO2 + H2O  --------> H2SO3  2 SO2  + O2   -------->  2 SO3  SO3  +  H2O  ------->  H2SO4 |

Las reacciones químicas directas del nitrógeno generalmente requieren altas temperaturas, debido a su poca reactividad química. Su reacción con el oxígeno puede efectuarse usando una descarga eléctrica de alto voltaje:

N2 + O2  -----> 2 NO. (Óxido nítrico, gas incoloro).

2 NO(G) + O2(G)  -----> 2 NO2(G) . (Bióxido de nitrógeno, gas café).

El bióxido de nitrógeno existe en equilibrio con su dímero, el tetróxido de dinitrógeno, N2O4 , que es un gas incoloro y se licua a 21.3ºC.

NO2 (G) <========>  N2O4 (G).

El dióxido de nitrógeno se descompone por la acción de la luz solar en óxido nítrico y oxígeno atómico (es muy reactivo).

NO2 (G)  + hv  (radiación solar) -------> NO(G)  +  O (G).

El bióxido de nitrógeno se combina con el agua produciendo ácido nítrico y óxido nítrico o ácido nítrico y ácido nitroso, según la cantidad de bióxido de nitrógeno que reaccione con el agua:

3 NO2 (G) +  H2O(V) -------->   2 HNO3(L)  +  NO(G) .

2 NO2 (G) +  H2O(V) ---------> HNO3(L) +  HNO2 (L)