



# ***La lluvia ácida***

*Elaborado por:*

*Msc. María del Rosario Alfaro*

*Laboratorio de Contaminantes*

*Escuela de Ciencias Ambientales*

*Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar*

*Universidad Nacional, Heredia*

## ¿QUE ES LA LLUVIA ACIDA?

### ¿QUE CAUSA LA PRECIPITACION ACIDA?

En el curso de sus actividades productivas, el hombre somete las materias naturales a procesos mecánicos, físicos, químicos o biológicos, durante las cuales grandes cantidades de diversas sustancias llegan al aire en forma de gases o vapores o se dispersan de modo heterogéneo en polvo, humo o niebla.

Una de las fuentes más importantes de contaminación del aire hasta estos últimos años ha sido la quema de combustible y la descarga en la atmósfera de óxidos de azufre, hollín y cenizas (Izmenov, 1974).

Los principales contaminantes de la atmósfera se clasifican en cinco grupos: sólidos en suspensión (polvo), dióxido de azufre, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos (Izmenov, 1974).

También hay procesos naturales que contribuyen en cierto modo a contaminar el aire. La erosión del suelo, por ejemplo, que transforma zonas fértiles en desiertos, tiene especial importancia, de ahí que la transformación de la naturaleza debe mirarse con cuidado en áreas orientadas a la actividad agroforestales. En el caso específico de Costa Rica, se debe sumar como modificador al aire, la actividad volcánica que arroja gran cantidad de gases que modifican sustancialmente la calidad del aire en ciertas zonas.

¿Qué es la lluvia ácida?. ¿cuál es la causa de la lluvia ácida? -La lluvia ácida se refiere a cualquier precipitación

que tiene pH menor que el de la lluvia normal, o sea un pH de 5.6. -La lluvia natural sin contaminación por actividades industriales o naturales, en equilibrio con el  $\text{CO}_2$  atmosférico a una concentración y presión normal, es levemente ácida, debido a la formación de ácido carbónico.

¿Qué causa la precipitación ácida? -La lluvia natural es ligeramente ácida por la reacción del dióxido de carbono con el  $\text{H}_2\text{O}$  atmosférico formando ácido carbónico débil-. La precipitación ácida se forma a través de una serie de reacciones complejas donde el azufre, nitrógenos, cloruros y fluoruros principalmente, formando ácidos sulfúrico y nítrico, como ácidos fuertes y ácido carbónico y otros ácidos, como ácidos débiles cuyo impacto en el ambiente es menor. Procesos atmosféricos que influyen en la precipitación ácida: La precipitación ácida depende de las partículas contaminantes que de una u otra forma están en la atmósfera, pero también influyen en la deposición las corrientes de aire, la temperatura, la humedad, la vegetación circundante y las fuentes de emisión de contaminantes. Por ejemplo, los gases, partículas o aerosoles tienen como transporte las corrientes de aire y, los movimientos de aire a su vez, se ven influenciados por diversos factores como la velocidad y dirección del viento, la temperatura, la humedad, el tipo de emisiones y el nivel de precipitación (Alfaro, 1984).

La temperatura del aire es un factor que afecta directamente la conducta de los contaminantes atmosféricos, ya que determina el movimiento vertical de los contaminantes y modifica la velocidad con la cual estos elementos reaccionan químicamente con la vegetación, la infraestructura y cualquier organismo susceptible. Cuando se tienen altas temperaturas, como el caso de zonas urbanas industrializadas, se producen reacciones más rápidas y se acelera el intercambio gaseoso en las plantas. Esto fue observado en un estudio realizado en 1986 en las vecindades de la Planta de FERTICA en Puntarenas. También la humedad en el aire afecta la conducta de partículas contaminantes, pues la reacción química con el agua hace que los materiales sean más fitotóxicos. Las partículas pequeñas generalmente son

hidróscopicas y absorben la humedad de la atmósfera, factor que es fundamental en el caso de la vegetación del Parque Nacional Volcán Poás y áreas sujetas a condiciones semejantes, ya que la alta humedad atmosférica favorece la mayoría de las reacciones químicas. Mediante estudios se ha observado que estas condiciones producen un serio efecto en la vegetación, ya que los estomas se abren precisamente en condiciones de humedad relativa alta y, se cierran en condiciones de humedad relativa baja (EPA, 1973; Tattar, 1978; Alfaro, 1988).

En Costa Rica la contaminación de la atmósfera se debe a la emisión de gases, partículas, cenizas o vapores que son producto de las actividades antropogénicas y, a estas se debe sumar las emisiones naturales como las de origen volcánico, la degradación de material orgánico, como compuestos orgánicos volátiles y las emisiones de  $\text{NO}_x$  del suelo que es una fuente del  $\text{NO}_x$  de la atmósfera.

Efectos de la precipitación ácida sobre el ambiente: El impacto de la precipitación ácida varía según el tipo de contaminante y el medio receptor y la sensibilidad de éste es clave en el efecto que produce sobre él.

### **¿COMO LA PRECIPITACION ACIDA PUEDE AFECTAR LA VEGETACION?**

Los efectos de la deposición ácida sobre la vegetación depende del tipo de contaminante, el tiempo de exposición de la planta a éste y las condiciones climáticas imperantes. La contaminación del aire aumenta la precipitación de gran cantidad de sustancias químicas, tales como S en forma de  $\text{SO}_2$  y  $\text{SO}_3$ , N en forma de  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_3$  y  $\text{NH}_4$ , Cl, F, H y varios metales pesados, sustancias que por diversos medios alteran la fisiología de la planta (Abrahamsen, et. al., 1983).

Según Haines, et. al., (1983) el hidrógeno libre de la lluvia ácida es el componente que más daño ocasiona a la vegetación porque altera el ciclo mineral, ya que los iones

hidrógeno son disruptores potenciales del ciclo mineral, por la habilidad de éstos de desplazar de las hojas y del suelo elementos minerales e inhibir la absorción de elementos a través de las raíces.

Se ha hipotetizado que la precipitación ácida puede acelerar la lixiviación de nutrientes, tanto del follaje de los árboles como del suelo forestal, y el desgaste de los minerales del suelo altera el crecimiento y desarrollo de árboles y plantas. Según estudios en progreso en el Parque Nacional Volcán Poás se observó que las plantas vasculares como líquenes y musgos tienen un carácter bioindicador. Pero la reacción de las especies arbóreas está ligada a la composición genética de la especie, el tiempo de exposición, tipo de contaminante y la concentración del mismo sobre la planta. Los efectos observados fueron de daños parciales, de necrosis total, y clorosis, esto último como un efecto indirecto por la modificación del nivel de nutrientes disponibles para la especie. También se observó que según las características estructurales del bosque, particularmente, en áreas de coníferas se da un sistema eficiente de filtro para el sulfuro atmosférico. En áreas estudiadas se ha observado que la presencia de sulfuros y cloruros en las precipitaciones ha destruido o perturbado la vegetación y, se aprecia una creciente simplificación de los ecosistemas boscosos, todo esto derivado de la alteración del microclima, de los sistemas hidrológicos, la pérdida de nutrientes y la erosión de los suelos.

Actualmente, observaciones de campo en San Luis de Grecia, San Roque, Santa Gertrudis Sur y Norte, La Luisa y Bajos del Toro, indican que las plantaciones de café están siendo afectadas, en algunos casos parcial o totalmente, en su sistema foliar y, gradualmente se está modificando el pH del suelo. Es necesario indicar que el fruto del café al ser rico en  $H_2O$  se vuelve más susceptible a la captación de  $SO_4$ , y la formación de ácidos; y con esto se reduce la capacidad de maduración del grano y se disminuye la cosecha. Hasta la fecha la caña de azúcar parece ser la más resistente a precipitaciones de acidez inferior a 5.6.

Efectos de la precipitación ácida sobre la infraestructura: Cualquier tipo de material que el hombre utilice para construcción está sujeto a las fluctuaciones de temperatura, al viento, humedad, lluvia y la radiación solar. Todos estos factores naturales contribuyen a la degradación de los materiales, aún en ambientes poco desarrollados. En muchos casos los materiales están ubicados en áreas donde son impactados por cantidades significantes de oxidantes (tales como el ozono), gases, ácidos contaminantes (tales como óxidos de azufre y nitrógeno), partículas, y las precipitaciones ácidas. Comúnmente, estos constituyentes aceleran la degradación de los materiales (NAPAP, 1985).

En otros países, especialmente los industrializados, se han desarrollado gran diversidad de investigaciones tendientes a determinar la susceptibilidad de los materiales de construcción a la contaminación del aire y han efectuado estudios para evaluar el impacto económico de este problema, sin embargo no se ha logrado poner especial atención a un elemento contaminante en particular.

En Costa Rica, en la actualidad se están desarrollando algunos estudios tendientes a evaluar indirectamente como la contaminación del aire impacta la infraestructura. El primer estudio se desarrolla en el Parque Nacional Volcán Poás, donde se considera el efecto de la precipitación ácida de origen natural sobre la infraestructura del lugar. En este sitio las viviendas del personal del parque así como el edificio principal, se ven diariamente impactadas por la precipitación ácida de origen natural y la niebla ácida, siendo esta última la que más daño causa a los materiales, por el hecho de permanecer durante más tiempo las partículas contaminantes en contacto con la superficie de los materiales, en especial la infraestructura metálica. Otro caso de estudio es el Teatro Nacional, a diferencia del primero en este lugar el deterioro es causado por factores naturales y el aumento de la actividad antropogénica de la ciudad de San José. La creciente expansión urbana, el crecimiento industrial y también el creciente número de vehículos automotores que circulan diariamente alrededor

del edificio del Teatro Nacional han venido a agrabar más el proceso de deterioro de la infraestructura ya que la velocidad de corrosión es mayor por año en zonas urbanas que en las rurales.

¿Por qué sucede esto? Cuando las precipitaciones húmedas o secas presentan un pH próximo a 4.5 por debajo de este valor, sucede que el recubrimiento de los materiales, especialmente de carbonato o sulfato básico, por ejemplo el zinc o el cobre, se disuelve más rápidamente, lo cual origina una mayor corrosión. Según el Ministerio de Agricultura de Suecia (1982) la influencia de óxidos de nitrógeno sobre la corrosión atmosférica es mucho menor que la generada por óxidos de azufre (en un orden de magnitud de cien veces menor). Este fenómeno se aprecia bien el Parque Nacional Volcán Poás, donde la infraestructura relativamente nueva sufre el daño diario de la precipitación ácida.

Efectos de la precipitación ácida sobre la salud: Personas expuestas a una atmósfera con concentraciones variadas de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, ácido clorhídrico y ácido fluorhídrico y otros gases tóxicos presentan diversas afecciones a la salud. Es necesario indicar que los efectos de la precipitación ácida están relacionados con la salud, edad, alimentación y nivel de exposición de la persona. Una gran parte de la población sufre el efecto de la contaminación, pero sólo una pequeña parte se ve gravemente afectada y, por lo general esta pequeña parte está compuesta por personas de una mayor sensibilidad al fenómeno, como lo son los ancianos, los niños o personas con afecciones respiratorias, de epidermis o gastrointestinales (Mostardi et. al., 1981). La gravedad de las lesiones depende también de la concentración de los gases en la atmósfera, de la humedad relativa, de la radiación solar, y el período de exposición de la dirección y velocidad de los vientos.

En la actualidad en Costa Rica se ha venido especulando mucho sobre el tema y la salud de los pobladores pero, si bien es cierto la precipitación ácida causa problemas de

atención, la interpretación del fenómeno debe atenderse en un buen contexto científico, basado en los estudios sistemáticos y conocimiento real de la salud de los pobladores y la respuesta del entorno natural a las deposiciones ácidas, en especial las de carácter seco, de no ser así se podrían decir muchas cosas, pero ninguna estaría atacando de manera real el problema. A continuación se ofrece una lista breve de algunas medidas a considerar por los pobladores en caso de que se alerte sobre deposiciones ácidas en sus vecindarios.

### **MEDIDAS PREVENTIVAS**

1. Para niños y ancianos o personas con problemas gastro-intestinales, respiratorios o de epidermis, es especial.
  - Evitar las exposiciones al aire libre.
  - Evitar el consumo de agua que se haya contaminado con este tipo de deposición.
  - En caso de resfrios, problemas bronquiales o reacciones alérgicas de la piel, buscar tratamiento médico adecuado a efecto de no incrementar el problema por un inadecuado tratamiento del problema.
2. Se recomienda pintar sus viviendas para minimizar el efecto de corrosión que se da en forma rápida en ambientes de precipitación ácida.
3. Para futuras cosechas, se debe reconocer las especies más resistentes al fenómeno de la precipitación ácida, en especial en la época seca, a efecto de disminuir la pérdida de cultivos por las variaciones de la calidad del aire en la región.

## BIBLIOGRAFIA

- Abrahamsen, G. 1983. Sulfur Pollution: Ca, Mg, and Al in Soil Water and possible effects on forest trees. In: B. Ulrich and J. Pankrath (Eds) *Effects of accumulation of air pollutants in forest ecosystems*. Reidel Publ., pp. 207-218.
- Alfaro, M. del R. 1984. Acidificación del Medio. *Ciencias Ambientales*. N° 5-6, Año 4, C. R.
- \_\_\_\_\_ 1988. Apuntes de observaciones de campo. Período 1984-1988.
- Environmental Protection Agency. 1973. *Effects of sulfur dioxide in the atmosphere on vegetation: Revised Chap. 5 for Air Quality Criteria for Sulfur Oxides* Research Triangle Park, N. Carolina, EPA-R 3-73-030
- Haines, B., C. Jordan, H. Clark and K. E. Clark. 1983. Acid rain in an Amazon rain Forest. *Tellus* 35B: 77-80.
- Iznerov, N. F. 1974. La lucha contra la contaminación del aire en la U.R.S.S. *cuadernos de Salud Pública* 54. O.M.S.
- Swedish Ministry of Agriculture. 1983. *Acidification today and tomorrow. A Swedis study prepared for the 1982. Stockholm Conference on the acidification of the Environment.* Traducido por Simon Harper.
- Tattar, T. A. 1978. *Diseases of shade trees*. Academic Press, New York.
- The National Acid Precipitation Assessment Program. 1985. *Annual Report to the President and Congress. Prepared for the I.T.F. in Acid Precipitation by the Office of Director of Research.* Washington, D. C.

**Foto de portada:** VOLCAN POAS  
Enero de 1989.



890392-P. UNA