



Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci). EISSN: 2215-3896.

1992. Vol 8(1): 32-37.

DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/rca.8-1.4>

URL: [www.revistas.una.ac.cr/ambientales](http://www.revistas.una.ac.cr/ambientales)

EMAIL: [revista.ambientales@una.cr](mailto:revista.ambientales@una.cr)

María del Rosario Alfaro

# Revista de CIENCIAS AMBIENTALES Tropical Journal of Environmental Sciences



## Efectos de la acidificación sobre la vegetación

Effects of acidification on vegetation

*María del Rosario Alfaro*



Los artículos publicados se distribuyen bajo una Creative Commons Reconocimiento al autor-No comercial-Compartir igual 4.0 Internacional (CC BY NC SA 4.0 Internacional) basada en una obra en <http://www.revistas.una.ac.cr/ambientales>, lo que implica la posibilidad de que los lectores puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada (*post print*) del artículo, siempre y cuando se realice sin fines comerciales y se mencione la fuente y autoría de la obra.

## EFFECTOS DE LA ACIDIFICACION NATURAL SOBRE LA VEGETACION (Agosto-1991-Recepción del artículo)

M. del Rosario Alfaro<sup>1</sup>

### INTRODUCCION

La acidificación de los ecosistemas por vía antropogénica y biogénica genera cambios en el nivel y la importancia de los procesos de interacción que controlan la composición iónica de las precipitaciones atmosféricas, el nivel iónico del suelo y la composición química de las aguas subterráneas. En la actualidad la acidificación del medio es reconocido como uno de los más serios problemas ambientales, cuyas repercusiones no tienen fronteras.

El conocimiento del grado de respuesta de los ecosistemas naturales al fenómeno de la acidificación no es tarea sencilla, en especial en regiones donde se observa que la alteración química obedece tanto a la actividad antropogénica como a la biogénica.

La acidificación de las precipitaciones esta asociada con la emisión a la atmósfera de grandes cantidades de óxidos de azufre y de nitrógeno, cuando esta referida a la actividad humana y, cuando es de tipo natural, como por ejemplo la actividad volcánica, donde el SO<sub>2</sub> y Cl son los componentes principales de las emisiones.

### ACIDIFICACION DE LOS ECOSISTEMAS

La mayoría de los estudios conducidos a la fecha en Costa Rica responden al campo de la deposición ácida de origen natural y sus efectos en los ecosistemas forestales de las vecindades del Volcán Poás. Antes se indicó que las emisiones gaseosas de origen volcánico se componen de óxidos de azufre y cloruros, pero hay que agregar los fluoruros, que a nivel de vegetación juegan un papel muy importante, cuando aparece como un contaminante. Le Güern y Faibre-Pierret en 1977 (según Tazieff y Sabroux, 1983) indican que el HF es altamente tóxico para la vegetación. El F es un elemento extraño para el metabolismo vegetal. Su acumulación induce a necrosis y a la muerte de la planta.

Se ha establecido que la contaminación del aire aumenta la precipitación de gran cantidad de sustancias químicas y varios metales pesados, sustancias que por diversos mecanismos alteran la fisiología de la planta y, el impacto se da tanto por la deposición seca como por la húmeda (Kelty et al., 1987; Alfaro, 1989).

---

<sup>1</sup> Investigador de la Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional.

Los efectos de la deposición ácida sobre la vegetación están asociados al tipo de contaminante, el tiempo de exposición de la planta y a las condiciones climáticas imperantes en la región (Alfaro, 1989).

En el caso de la vegetación, el hidrógeno libre de la precipitación ácida es el componente que más daño hace a la planta porque altera su ciclo mineral, por ser los iones hidrónio disruptores potenciales del ciclo mineral, básicamente por su habilidad de desplazar de las hojas y del suelo elementos minerales e inhibir la absorción a través de las raíces.

### **SUCEPTIBILIDAD DEL BOSQUE A LA CONTAMINACION DEL AIRE**

La respuesta de las plantas a la contaminación del aire es muy variada. La respuesta esta sujeta tanto a la composición genética de éstos como a su capacidad para enfrentar los factores ambientales, ya sea en forma individual o combinada, así como a la concentración y al tiempo de exposición del contaminante.

Los contaminantes del aire afectan los árboles a nivel celular, de la especie y del ecosistema. Los cambios bioquímicos inducen secuencialmente a cambios que afectan el metabolismo total de la planta; se dan pérdidas en la integridad de la membrana citoplásmica provocando la pérdida en el control de la difusión de agua y solutos; se da una alteración en los componentes celulares que eventualmente se traduce en clorosis, necrosis y marchitez de las hojas y otros órganos y, con frecuencia provoca la muerte del árbol.

La contaminación del aire también induce a cambios que no son visibles pero que afectan adversamente el crecimiento, la producción y el estado general de la planta (Kozlowski, 1980; Likens, 1989).

### **SUCEPTIBILIDAD A LA PRECIPITACION ACIDA**

Tamm y Cowling (1977) indican que los probables efectos de la precipitación ácida sobre el bosque pueden ser directos e indirectos. Ellos consideran que los más importantes son los efectos directos porque el daño se produce a corto plazo, afectando la cutícula protectora, alterando el funcionamiento normal de las células protectoras e interfiriendo con los procesos reproductivos. Los efectos indirectos incluyen una lixiviación acelerada de las sustancias de los órganos foliares y, una mayor susceptibilidad a la sequedad.

### **EFFECTOS SOBRE EL BOSQUE**

La alteración de la química atmosférica genera el daño y destrucción de los árboles y la alteración de los procesos fisiológicos, causando reducciones en el crecimiento pero sin daños aparentes. Koslowski (1980) encontró que las coníferas experimentan daños severos por la contaminación del aire.

Los daños en la vegetación, para su estudio, se clasifican en daños agudos o crónicos. Cuando se produce un daño severo de necrosis a corto plazo, que destruye totalmente la planta se distingue como daño agudo y, crónico cuando el nivel de

absorción de contaminantes requiere de un plazo mayor y los cambios son graduales, apareciendo primero un grado de clorosis y posteriormente la vejez de las hojas u otros órganos.

Los síntomas en la vegetación por la contaminación del aire varían según la sustancia contaminante. En algunos casos los efectos se dan a nivel de la productividad, diversidad, crecimiento en altura, la población.

### REDUCCION DEL CRECIMIENTO

Varios investigadores han demostrado que el crecimiento vegetativo y reproductivo de los árboles se inhibe por la acción de contaminantes tales como ozono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y fluoruros.

### EXPERIMENTACION EN COSTA RICA

Basada en la experiencia europea, se ha venido desarrollando un trabajo científico para evaluar la respuesta de las especies forestales a la contaminación del aire. Se tomó como laboratorio un área sujeta a cambios químicos constantes, provocados por la actividad natural del volcán Poás. En su actividad creciente, las emisiones gaseosas del volcán Poás se han venido caracterizando por grandes concentraciones de óxidos de azufre, cloruros y fluoruros, este último en pequeñas cantidades, pero en concentraciones suficientes para generar cambios a largo plazo en el medio.

Desde 1984, de manera sistemática se han colectado las precipitaciones totales en el área del Parque Nacional Volcán Poás y, durante los últimos tres años, el muestreo se extendió a una área mayor, la zona de impacto de las emisiones gaseosas, dispersadas por el viento, cubre el área marcada en figura 1. El análisis químico de las muestras de precipitación arrojan un pH ácido y ése carácter esta influenciado en los últimos años por las concentraciones de azufre y cloruro de las precipitaciones. En la figura 2 y 3 se aprecia el grado de acidez de las precipitaciones y las concentraciones de sulfatos y cloruros de éstas.

La capacidad de los óxidos de azufre para reducir la productividad de la planta ha sido bien establecido. Por ejemplo, Biggs y Davis (1981) encontraron en sus estudios que los óxidos de azufre afectan el crecimiento del clon NE-388 y que a diferentes concentraciones se produce una gran defoliación de las hojas. Experimentos en el laboratorio con Alnus acuminata (jaúl) detallan una respuesta de la planta a diferentes niveles de acidez y concentraciones ricas en azufre. En zonas afectadas por las precipitaciones del volcán, se ha detectado un desarrollo de especies parásitas en el jaúl cuando el grado de acidez ambiental se sitúa entre 3. y 3.5; el follaje es el más afectado pero, una vez que varían las precipitaciones el crecimiento y recuperación de la planta es notable. Obviamente a nivel de productividad total se producen cambios en razón del período de recuperación de la especie.

A nivel de la zona en estudio se han efectuado mediciones sobre la acidez de los suelos, acidez de las aguas y de las precipitaciones. Muchos investigadores a nivel mundial establecen que la acidificación de las precipitaciones influyen directamente

en el incremento de la acidez de los suelos provocando una alteración en la disponibilidad de los nutrientes de las plantas, cambiando la composición de las especies de microorganismos del suelo, promoviendo una reducción en el proceso y nivel de descomposición de minerales. Sin embargo, pese a que la actividad de emisiones gaseosas se ha mantenido en forma creciente por más de cinco años, no se considera que el criterio antes expresado se cumpla en todas las zonas más recientemente afectadas por la actividad de precipitación ácida, porque la modificación química del suelo requiere de períodos largos; para los puntos de muestreo dentro del Parque Nacional Volcán Poás si es válido pero se requerirá de más tiempo para aplicarlo a las zonas agrícolas externas al parque.

En cuadro 1 se detalla la respuesta de la vegetación a niveles de acidificación entre 3.4 y 4.5 pH. Se han dado momentos críticos donde la vegetación ha sufrido necrosis parcial por la presencia de cenizas y deposiciones húmedas con una acidez de 3. a 4., sin embargo a estos eventos se han sucedido otros, como el aumento en las precipitaciones lluviosas que han permitido minimizar el impacto en la vegetación o una disminución en las emisiones gaseosas.

En ciertas especies se ha detectado daños marginales e interveniales, necrosis aguda; en otras especies durante el mismo período se ha detectado la clorosis que en algunos casos es temporal, pero en otros a corto plazo se traduce en necrosis, como es el caso de Viburnum venustum, Persea vesticula, Cavendishia sp. y Vaccinium poasanum.

Fuera del ámbito del parque, en San Luis de Grecia se identificó que el café es altamente sensible a la acidez ambiental. El café de un año de edad fue el más afectado perdiendo el follaje total y mostrando sequedad de las ramas. Para el café en producción (con más de 4 años) el porcentaje de quema foliar varía considerablemente según la posición del cultivo con respecto a la dirección del viento, sin embargo se estima que en la época seca se ha quemado entre un 60% a 80% del área foliar, además de la quema del brote terminal y crecimientos nuevos. En estas condiciones si la planta no perece por la acción directa de la precipitación ácida, la producción futura se verá afectada seriamente por dicho efecto. Kooper (1989) estima que las pérdidas por reducción de la producción pueden alcanzar hasta un 80%. En los cafetales a menor altura (1400 msnm) y zonas protegidas del viento, el porcentaje disminuye, en especial cuando se valora la quema foliar. En esta zona se da el fenómeno de fumigación temporal, donde el efecto de precipitación es por ráfagas y a corto plazo y los daños pueden ser ligeros según el estado y madurez de la planta.

Cuando se da la niebla ácida, bastan unas pocas horas para producir la pérdida del brote terminal o pito, lo que conlleva a la reducción de la producción futura.

Según mediciones de campo, la acidez de las precipitaciones en la zona de San Luis ha alcanzado un pH que va de 1.3 a 3.4; considerado como una acidez extrema capaz de impactar negativamente la vegetación. Estos valores de acidez se repiten con frecuencia, en especial durante la época seca.

El ciprés, que se extiende aproximadamente por más de 300 ha en la zona,

sufre de necrosis total y parcial. En las primeras fumigaciones, plantas jóvenes perecieron y otras perdieron su follaje, el cual posteriormente recuperaron. Sin embargo, la acidificación impacta esta zona a diario, lo que no permite la recuperación total del bosque y generar mecanismos de defensa.

### PROBLEMAS DE EXPERIMENTACION

Debido al largo y complejo número de procesos que se dan en el ecosistema, donde las escalas en el tiempo difieren, la experimentación sobre los efectos de la acidificación de los ecosistemas, o alguno de sus componentes, no es tarea sencilla. La aplicación del conocimiento de laboratorio con factores controlados, no puede ser extrapolada a las situaciones reales de acidificación del ambiente. Por ejemplo, ensayos sobre la toxicidad del aluminio no puede extrapolarse a las condiciones en el campo, en especial cuando son referidas a eventos naturales.

Algunos aspectos de daños en las hojas, el nivel de lixiviación y el comportamiento de la microbiología del suelo están más en función de la concentración que de la cantidad de un ácido dado, por lo que hay poca razón para suponer que el daño observado obedece a una larga exposición a una acidez extrema. La respuesta del suelo a la acidificación de las precipitaciones puede ser mitigada o modificada por las sales disueltas o por su ausencia y, cuando no se conocen sus concentraciones naturales, la interpretación de la información puede resultar dificultosa.

Queda en evidencia que el estudio del problema resulta una tarea difícil, según sea la complejidad del ecosistema y, según los problemas antes indicados. Por ello, el estudio y progreso de los efectos directos e indirectos de las deposiciones ácidas sobre el bosque y los ecosistemas naturales, ha resultado una tarea muy lenta. Sin embargo, pese a tales limitaciones, se ha obtenido un cuadro relativamente claro de la acción de las precipitaciones ácidas en algunas especies, que serán el principio de estudios más profundos sobre la fisiología y ecología del sitio impactado por los gases volcánicos.

CUADRO 1. ESPECIES AFECTADAS POR LA DEPOSICION ACIDA EN EL VOLCAN POAS

	Lesión temporal	Clorosis	Necrosis
<u>Arctostaphylus arbustoides</u>			X
<u>Pernetia coriacea</u>	X	X	
<u>Viburnum venustum</u>		X	X
<u>Persea vesticula</u>	X	X	X
<u>Cavendishia sp.</u>	X	X	X
<u>Myrica cerifera</u>		X	X
<u>Vaccinium consanguineum</u>		X	X
<u>Rapanea pittieri</u>		X	X
<u>Vaccinium poasanum</u>		X	X
<u>Ageratina anisochroma</u>		X	X
<u>Myrica cerifera</u>	X		
<u>Myconia myrtillifolia</u>	X	X	
<u>Hillia loranthoides</u>	X	X	
<u>Ageratina anisochroma</u>		X	X

### BIBLIOGRAFIA

- ALFARO G., M. del R. 1989. Efectos de la Acidificación sobre los Ecosistemas Forestales del P. Nal. Volcán Poás. Datos del Proyecto 842006.
- BIGGS, A. R. y D. D. DAVIS. 1981. Effect of sulfur dioxide on growth and sulfur content of hibridopoplar. Canad. Jour. Forest Research 11:830-833.
- FAIVRE-POERRET, R.; F. LE GUERN. 1983. Health Risks Linked with inhalation of volcanic gases and Aerosols Cap. 7. En: Forecasting Volcanic Events. H. Tazieff y J. C. Sabroux. Editores. ELSEVIER, Amsterdam.
- KELTY, M. J., y T. KYKER-SNOWMAN. 1987. Forest Decline Symptoms in Norway Spruce Plantations in Massachusetts. En: Proceedings of the US/FRG Research Synposium. Effects of Atmospheric Pollutants on the Spruce-fir Forests of the Eastern United States and the Federal Republic of Germany. USDA. Forest Service-General Technical Report NE-120.
- KOPPER, N. 1989. Informe sobre Efectos de la lluvia ácida en Grecia. Oficina Local-Grecia-MAG.
- KOZLOWSKI, T. T. 1980. Responses of shades trees to pollution. Arboriculture 6:29-32.
- LIKENS, G. 1989. Some Aspects of Air Pollutant Effects on Terrestrial Ecosystems and Prospects for the Future. Ambio. Vol. XVIII, No. 3.
- TAMM, C. y E. B. COWLING. 1977. Acidic precipitation and forest vegetation. Water, Air, and Soil Pollution 7:503-511.