

CARACTERIZACION DE LA PRECIPITACION HUMEDA EN EL PARQUE NACIONAL VOLCAN POAS, COSTA RICA

María del Rosario Alfaro

RESUMEN

La deposición ácida asociada con algunos contaminantes puede dañar potencialmente ciertos componentes de los ecosistemas terrestres, incluyendo plantaciones agrícolas, forestales, suelos forestales, microorganismos, infraestructuras y la salud de los pobladores que habiten el área de impacto de la actividad volcánica.

Efectos negativos de la precipitación ácida se han detectado en la vegetación forestal del Parque Nacional Volcán Poás, especialmente en aquellas áreas que son mayormente impactadas por la pluma de gases del volcán y la precipitación, tanto seca, como húmeda.

El estudio se inició en 1984, éste lleva un récord de la composición química y el valor de pH de las precipitaciones húmedas y secas en el área de estudio, así también se han efectuado valoraciones de la incidencia de las precipitaciones en la vegetación y en la infraestructura del lugar.

En este artículo se hace un breve análisis de la conducta de estas precipitaciones que han venido impactando el ambiente circundante y, lo que es más importante, se dan algunas indicaciones de orden preventivo, a considerar para los habitantes y visitantes de esta área recreativa, que eventualmente podrían sufrir algunos trastornos por las emisiones volcánicas.

EMISION DE ORIGEN NATURAL

El Volcán Poás con su característica actividad fumarólica, originada probablemente por la desgasificación de cuerpos magmáticos superficiales, presenta un comportamiento similar a las emisiones generadas por la actividad antropogénica. Es importante indicar que en la actualidad presenta una actividad fumarólica constante, con erupciones freáticas tipo geyser (Güendel, 1988). Esta actividad ha venido provocando un cambio en los valores de la precipitación.

Según Casadeball et al. (1985) los gases volcánicos del Volcán Poás presentan fundamentalmente H_2O , H_2 , CO_2 , SO_2 , S , HCl y HF . Se ha estimado que el Volcán Poás en la presente forma de actividad emite columnas de gases que expulsan a la atmósfera varios cientos de toneladas diarias de SO_2 y de Cl_2 que son las que dan el carácter ácido a las precipitaciones del lugar (Alfaro et al., 1988).

El Volcán Poás es un volcán compuesto, con 2.722 m de elevación, localizado a $10^{\circ}12'00''N$, $84^{\circ}13'58''W$. Según estudios, desde 1980 este volcán presenta una vigorosa actividad fumarólica, que es acompañada de erupciones freáticas, que también producen piroclastos con un alto contenido de azufre. La laguna del cráter, que se forma nuevamente en 1955 (Barquero, 1988), contiene abundantes partículas de azufre que flotan en el agua del cráter. La temperatura de esta laguna oscila de $49^{\circ}C$ a $60^{\circ}C$, con un pH de 0.04 a 0.76. Las emisiones fumarólicas provocan una columna de gas que es usualmente arrastrada por los vientos en dirección suroeste del cráter.

METODOS

a) *Criterios para la selección de puntos de recolección*

Por un período de seis meses se establecieron colectores-test para deposición seca y húmeda. Valorando la información obtenida se fijaron los colectores en áreas que en mayor porcentaje reciben el impacto diario de la pluma de gases. La figura 1 indica los puntos de muestreo.

b) *Recolección de muestras*

Se diseñó un colector (figura 2), que gradualmente fue modificado según la experiencia de campo. Los colectores se lavaron en forma rigurosa con jabón y agua destilada; éstos fueron pintados externamente de color negro para evitar cualquier

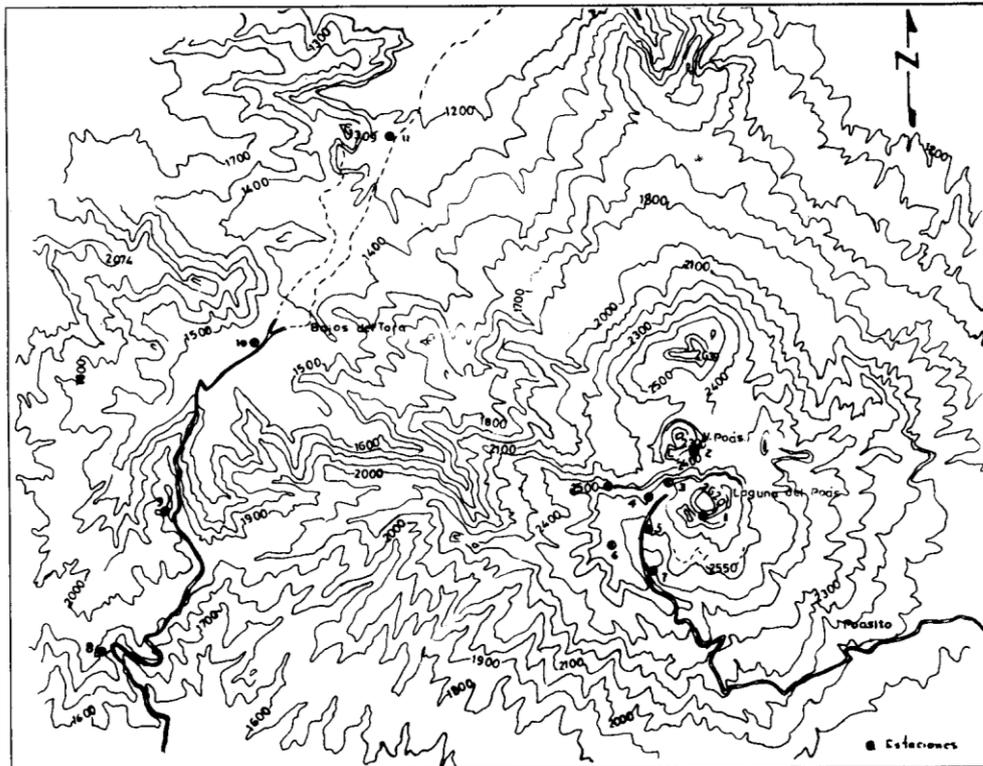


Figura 1
Croquis de localización de estaciones de muestreo.

fotorreacción durante la exposición en el campo. Un filtro fue colocado en el conducto del embudo para evitar el ingreso de insectos u otros desechos que podrían contaminar la muestra. Las muestras se recolectaron cada dos semanas; en la actualidad el muestreo es semanal, debido a las variaciones críticas en la precipitación generadas por la creciente actividad volcánica. Después de colectadas las muestras se almacenan a 4°C para minimizar una degradación potencial de los componentes. En tabla 1 se indican los análisis practicados a las muestras según Alfaro, 1986.

c) *Análisis de la vegetación*

La identificación de las especies y la determinación del efecto de la precipitación ácida se desarrolló a lo largo del estudio. Para la determinación de los daños se desarrolló un trabajo de comprobación usando el sistema de diagnóstico de Malhotra y Blavel (1980) y **Recognition Injury to Vegetation: A Pictorial Atlas** (1970). Las muestras de vegetación fueron lavadas con agua destilada, con un pH conocido y, posteriormente el pH del agua usada fue evaluado nuevamente. En tabla 2 se dan

TABLA 1
MEDICIONES REQUERIDAS PARA CARACTERIZAR
LA PRECIPITACION TOTAL Y SECA

<i>ATRIBUTOS</i>	<i>UNIDADES</i>	<i>MÉTODOS</i>
Sulfatos	mg/l	Turbidimétrico
Cloruros	mg/l	Potenciométrico
Fluoruros	mg/l	Potenciométrico
pH	pH units	Electrodo de pH con rango expandido (pH meter)
Conductividad	umhos/cm	Celda de conductividad y medidor

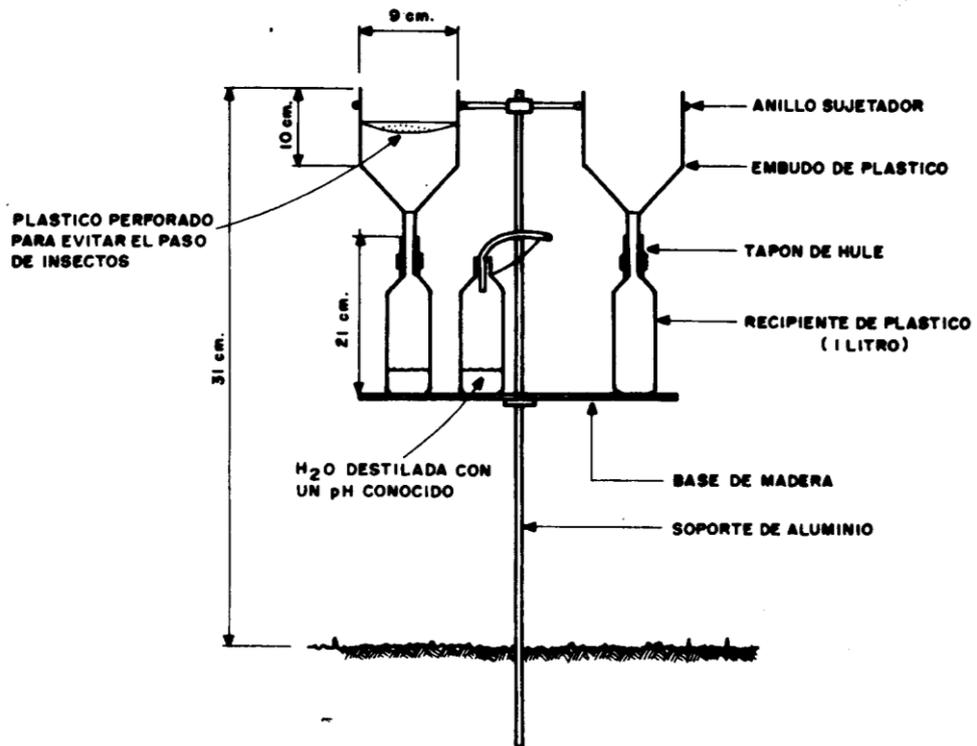


Figura 2
Diseño específico para recolección de muestras de deposiciones seca y húmeda.
Se utilizaron en el colector de deposición seca 100 ml de agua destilada con un pH
conocido. El filtro plástico se usó para evitar el paso de insectos a la muestra.

algunos ejemplos de los resultados de campo. Plantas no vasculares como líquenes y musgos son consideradas en este ambiente por su conocida sensibilidad a la contaminación del aire, como bioindicadores.

RESULTADOS

En la tabla 3 se presentan los valores de pH para todos los puntos de muestreo. Comparando la figura 1 con los valores de la tabla 3, se puede observar el área impactada mayormente por la precipitación ácida. A efecto de considerar adecuadamente los valores expresados en tabla 3, es necesario recordar que el pH de la lluvia ácida (precipitación húmeda) puede ser comparado con sustancias alcalinas y ácidas comunes y que el pH se lee en una escala logarítmica, escala que es diez veces diferente entre números adyacentes. En la estación 1 encontramos precipitaciones con un pH de 5 y en la estación 4 es de 3.2; se dice que la precipitación de la estación 4 es mil veces más ácida que la de la estación 1, de ahí que la graficación de estos valores se ve limitada, en especial. Cuando las estaciones están a distancias mayores de 500 m. y al hecho de que la vegetación circundante funge como un filtro que hace variar la distribución y el valor de la precipitación. Según la figura 3, que presenta el comportamiento del pH de la precipitación húmeda, desde noviembre de 1984 hasta octubre de 1988, para todas las estaciones, salvo para la estación 6, se da un descenso

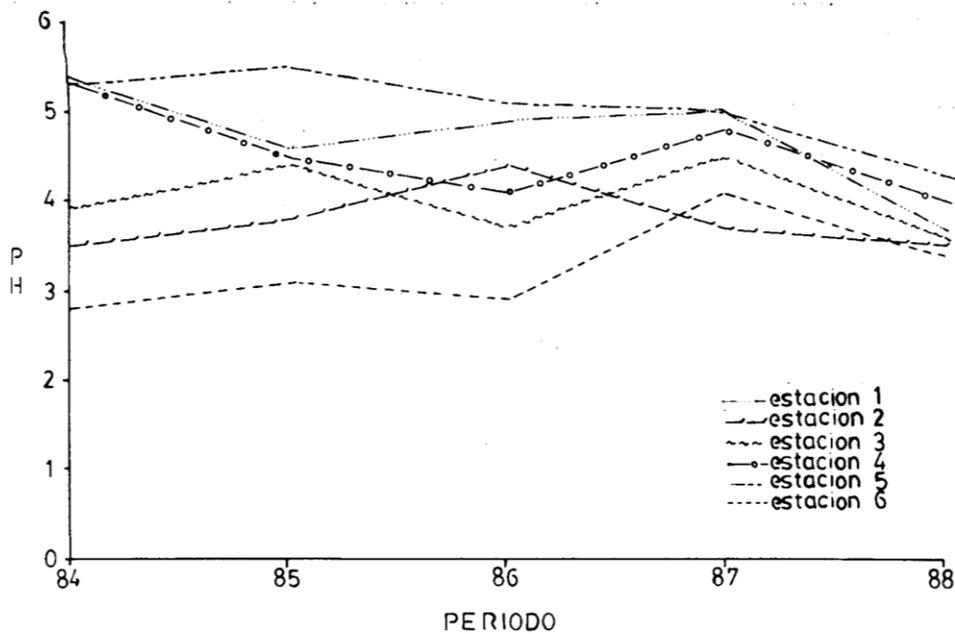


Figura 3
Comportamiento del pH de la precipitación en el Parque Nacional Volcán Poás, de 1984 a 1988.

TABLA 2
PRINCIPALES ESPECIES AFECTADAS POR LA PRECIPITACION
ACIDA EN EL PARQUE NACIONAL VOLCAN POAS

<i>FAMILIA</i>	<i>ESPECIE</i>	<i>LUGAR</i>	<i>DAÑOS</i>	<i>*CLOROSIS</i>	<i>NECROSIS</i>
			<i>TEMP.</i>		
Proteaceae	Roupala glaberrima (danto carne)	V.P.	x	x	
Ericaceae	Permetia prostata	V.P.		x	
	Cavendishia sp.	V.P.			
	Vaccinium consaguineum (madroño)	V.P.	x		
	Arctothophylos arbutoides	V.P.	x	x	
	Pernetia coriacea	V.P.		x	x
	Vaccinium poaseanum	V.P.		x	x
Myricaceae	Myrica fanerodonta	V.P.	x		
	M. cerifera	V.P.	x	x	x
Myrsinaceae	Rapanea pittieri	V.P.	x	x	x
Campanulaceae	Centropogon sp	V.P.	x		
Melastomataceae	Monochastun sp	V.P.		x	
	Miconia myrtillifolia	V.P.	x	x	
Clusiaceae	Clusia sp	V.P.		x	x
Caprifoliaceae	Viburnum venustum (curá)	V.P.		x	x
Lauraceae	Persea vesticola	V.P.	x		
Compositae	Ageratina anisochroma	V.P.		x	x
	Eupatorium anisochranum	V.P.		x	
Betulaceae	Alnus acuminata	B.T.	x	x	
Fafaceae	Quercus semannii	B.T.			
Araliaceae	Didynopanax pittieri (papayillo)	B.T.		x	
Myricaceae	Myrica fanerodontes	B.T.			x
Umbellifereae	Myridendron sp	B.T.			x
Papilionaceae	Erythrina sp	B.T.		x	
Ericaceae	Gaultheria cordifolia	B.T.		x	x
Myrcinaceae	Rapanea sp	B.T.		x	x
Clethraceae	Clethra sp (nace)	B.T.		x	x
Onagraceae	Fuchsia sp	B.T.		x	x

V.P.= Parque Nacional Volcán Poás (Estaciones de muestreo).
 B.T.= Bajos del Toro (Estaciones de muestreo).

TABLA 3
VALORES DE PH DE LA PRECIPITACION TOTAL,
DE NOVIEMBRE 1984-OCTUBRE 1988,
EN PARQUE NACIONAL VOLCAN POAS

<i>PERIODO</i>		<i>EST. 1</i>	<i>EST. 2</i>	<i>EST. 3</i>	<i>EST. 4</i>	<i>EST. 5</i>	<i>EST. 6</i>	<i>EST. 7*</i>
1984	N	5.0	—	4.0	4.0	—	2.7	
	D	5.9	3.5	3.8	6.6	5.3	3.0	
1985	E	6.3	—	6.7	6.5	6.5	3.0	
	F	6.0	—	6.6	6.9	6.1	3.4	
	M	5.0	—	5.1	5.7	5.9	3.3	
	A	4.9	—	5.7	4.7	5.8	2.9	
	M	4.3	—	5.0	4.3	4.5	2.5	
	J	5.0	3.5	4.4	4.4	4.9	3.1	
	J	4.6	3.5	3.5	4.6	5.8	3.5	
	A	4.9	4.5	3.5	3.9	4.6	3.0	
	S	4.0	4.2	3.3	3.5	4.3	3.4	
	O	3.7	3.7	3.3	3.8	4.4	3.7	
	N	3.6	3.5	3.2	3.4	3.9	3.0	
	D	3.9	3.7	3.2	3.9	3.9	3.0	
1986	E	5.0	5.6	3.2	5.5	6.0	2.7	
	F	5.7	5.7	4.0	2.9	5.3	2.4	
	M	4.1	4.6	3.9	3.3	—	2.4	
	A	4.9	4.4	3.9	4.3	4.6	—	
	M	5.6	4.2	4.1	5.2	4.9	—	
	J	3.9	3.9	3.5	3.9	4.6	2.9	
	J	—	—	—	—	—	—	
	A	5.0	3.9	3.8	4.2	5.7	3.2	
	S	4.4	3.8	3.6	3.9	6.5	3.6	
	O	3.8	3.8	3.4	3.9	4.2	3.4	
	N	5.8	4.7	4.0	4.1	4.4	3.2	
	1987	M	5.7	0.7	—	4.6	5.8	—
J		5.4	4.5	4.2	5.4	5.7	4.1	
J		4.8	4.3	4.6	5.1	4.7	4.8	
A		4.8	4.2	5.1	4.7	4.9	4.3	
S		5.1	4.2	4.8	5.1	5.0	4.7	
O		4.5	4.2	4.2	4.4	4.5	3.9	
N		4.8	4.2	4.2	4.5	5.0	3.3	
1988	E	4.1	4.6	4.2	4.4	4.5	3.1	
	F	5.0	—	3.2	3.7	4.3	—	
	M	—	4.8	4.6	5.1	5.0	3.3	
	A	3.3	3.7	3.3	3.6	4.2	5.0	
	M	4.1	3.7	4.4	4.1	4.1	2.4	
	J	3.6	2.8	3.0	3.0	3.0	3.3	
	J	3.4	2.8	3.0	3.4	3.7	2.6	
	A	3.3	3.3	3.2	3.3	3.7	2.9	
	S	3.3	2.7	4.2	5.6	—	5.3	
	O	4.5	2.6	3.8	4.7	3.1	3.7	4.7

* Nueva estación (Poasito)

TABLA 4
PRECIPITACION SECA EN EL PARQUE NACIONAL VOLCAN POAS,
PERIODO DE 1984 A 1988 *

MES	AÑO	EST. 1	EST. 2	EST. 3	EST. 4	EST. 5	EST. 6	EST. 7	EST. 8
N	1984	2.7	—	*	0.3	—	0.2	0.4	—
D		1.4	—	0.4	0.6	0.6	0.3	0.0	0.2
E	1985	0.1	—	0.5	0.3	0.4	0.7	0.8	*
F		0.9	—	1.1	1.5	0.5	2.1	0.8	0.8
M		—	—	1.4	0.6	0.5	—	0.2	0.3
A		0.8	—	0.8	0.4	1.1	1.9	1.6	1.3
M		1.4	—	—	—	0.8	0.9	1.6	1.0
J		1.0	1.4	2.0	0.9	—	1.2	0.8	1.0
J		1.7	1.1	1.1	1.1	1.6	2.3	1.0	1.0
A		1.6	1.1	1.1	2.0	0.9	3.0	1.0	1.0
S		1.7	1.2	1.2	1.4	2.0	3.0	1.5	1.0
O		1.9	1.2	1.5	1.1	1.1	1.4	1.0	1.0
N		1.1	2.5	1.7	0.8	1.1	2.1	1.8	1.7
D		1.1	1.7	1.7	1.9	1.8	2.5	1.7	1.5
E	1986	2.0	1.2	1.9	1.6	1.2	3.1	1.5	1.8
F		1.1	1.3	1.3	1.3	2.2	2.5	1.8	—
M		0.4	0.7	0.7	0.2	0.4	0.4	0.3	—
A		0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	—	0.4	0.9
M		0.9	0.5	0.6	0.8	0.6	—	0.5	0.5
J		1.5	1.0	1.3	1.5	1.0	2.8	1.4	0.8
J		—	—	—	—	—	—	—	—
A		1.0	—	2.0	1.3	0.7	0.5	0.5	0.9
S		0.2	1.1	0.5	0.5	1.8	3.2	—	0.1
O		2.0	1.4	1.1	2.0	0.7	3.2	—	1.1
N		0.8	1.2	1.8	1.1	0.9	1.4	—	2.1
D		—	—	—	—	—	—	—	—
M	1987	1.6	—	—	0.9	1.3	3.4	—	—
J		1.0	1.0	1.1	0.7	0.9	1.1	0.8	—
A		—	—	1.2	1.5	1.6	*	0.7	—
S		0.8	1.1	0.7	1.0	1.2	0.8	—	—
O		1.3	0.9	1.3	1.3	1.8	3.1	—	—

Notas: Para 1988 no se recolectaron muestras de deposición seca.

Para «—» no se recolectó muestra.

Para «*» no se dieron cambios en el pH del agua del colector, que fue valorada antes de instalar el colector en el campo.

en los pHs para 1988, este descenso se agudiza, o se vuelve más ácido conforme transcurre el tiempo, estos datos son altamente significativos en tanto que se tiene también un incremento en la precipitación lluviosa, lo que hace suponer, como de hecho se da, una mayor dilución de las muestras colectadas. Según el análisis de la tabla 4, se espera que durante la época seca, de mantenerse la actividad volcánica con las características actuales, la impactación para los ecosistemas terrestres como para los acuáticos, así como la infraestructura y la salud de los pobladores será negativa, por

el incremento de partículas de cloruros y sulfuros y el consiguiente aumento en las precipitaciones, mayormente en las de carácter seco. Nótese en la tabla la concentración de sulfatos es alta comparada con los niveles permisibles de algunos países que varían entre 0.1 ppm. por hora y 0.04 ppm./hr. en un período de 24 horas. En el Poás se han alcanzado valores que van desde 0.7 ppm. a 12 ppm. de SO_4 . En la tabla 5 también se dan valores como 94 ppm., 50 ppm. y 142 ppm., pero deben considerarse estos datos como poco comunes, producto de una mayor emisión de dióxido de azufre. Estos valores coincidieron con valores de acidez marcados y con altas concentraciones de Cl y F. En tabla 2 se pueden apreciar los efectos directos de la precipitación total sobre la vegetación, recuérdese que la vegetación recibe el impacto tanto de la deposición húmeda como de la deposición seca, esta última, por tener un período más largo de exposición con la planta, causa mayores daños.

En el análisis de algunas muestras de agua del lago cratérico del volcán, se aprecia un incremento sustancial en la concentración de sulfuros en forma de sulfatos y en partículas de sulfatos suspendidas en la atmósfera. Por ejemplo, para enero de 1983 una muestra indicó una concentración de 49.500 ppm. de sulfatos, para enero de 1984 la concentración fue de 72.500 ppm. y en marzo de 1987 la concentración fue de 67.000 ppm., en abril de 1988 la concentración alcanzada fue de 2.000.000 ppm., para el mes de agosto del mismo año se observó un descenso en la concentración de éstos, se midieron 90.000 ppm. Obviamente existe una estrecha correlación entre la concentración de sulfuros y el nivel de acidez en las diferentes estaciones. Los niveles de dióxido de azufre en el lago del cráter tienen particular importancia para la calidad del aire en las áreas circunvecinas a la fuente de emisión, en este caso las fumarolas; ya que la oxidación de dióxido de azufre a sulfato acidificable es bastante rápida, como se aprecia en la figura 4. También, a través de las muestras de deposición húmeda colectadas, se han observado variaciones en el comportamiento de la columna de gases, por ejemplo, en puntos donde tradicionalmente los pH eran ácidos se nota un cambio apreciable en su valor y en las concentraciones. En puntos de recolección

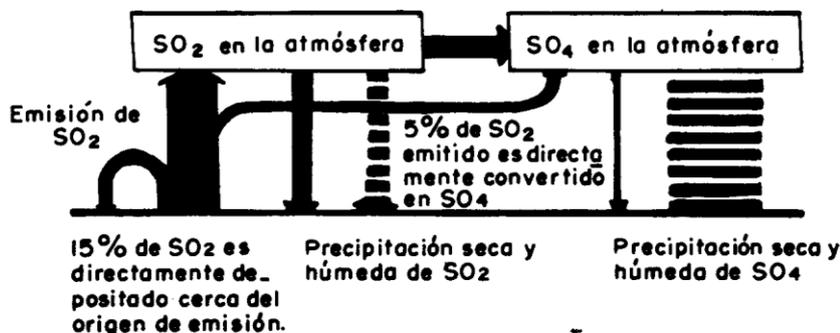


Figura 4

TABLA 5
CONCENTRACION DE SULFATOS DE LA PRECIPITACION TOTAL
(EN PPM) EN LAS VECINDADES DEL
PARQUE NACIONAL VOLCAN POAS

MES	AÑO	E.1	E.2	E.3	E.4	E.5	E.6	E.7	E.8
N	1984	9.0	—	8.3	9.0	8.9	9.0	—	8.8
D	1984	8.3	—	54.0	8.2	18.0	5.2	35.0	11.5
J	1985	9.5	—	9.0	9.0	22.0	94.0	9.0	7.6
F	1985	7.6	—	14.0	10.0	9.0	15.0	11.0	9.0
M	1985	6.9	—	9.2	9.8	9.2	12.0	9.7	8.0
A	1985	14.0	—	8.3	9.5	9.3	10.0	8.8	9.8
M	1985	9.3	8.9	7.4	7.8	9.2	10.0	8.2	8.4
J	1985	8.3	8.7	8.8	8.0	8.3	10.0	7.0	8.5
J	1985	7.4	8.7	9.5	11.0	9.2	10.0	7.7	7.6
A	1985	8.0	7.8	8.6	8.5	8.0	37.0	7.4	7.7
S	1985	8.5	8.1	8.2	7.1	8.3	11.0	8.2	7.6
O	1985	7.6	7.5	8.1	7.4	8.3	9.2	7.9	25.0
N	1985	7.0	8.8	8.5	7.5	7.9	7.8	7.9	32.0
D	1985	7.8	7.4	8.6	8.2	7.4	7.8	7.6	20.0
J	1985	7.3	7.4	8.6	7.8	8.6	50.0	9.4	7.6
F	1986	6.8	—	6.6	—	6.2	9.6	9.0	—
M	1986	8.0	7.2	—	7.2	—	12.5	8.0	8.0
A	1986	6.8	7.0	8.6	—	7.0	—	7.6	6.8
M	1986	7.0	7.0	6.7	7.0	7.0	—	7.0	5.2
J	1986	6.6	6.6	7.6	6.6	6.6	27.0	6.6	—
J	1986	—	—	—	—	—	—	—	—
A	1986	7.3	—	7.5	7.3	8.8	10.5	6.6	6.2
S	1986	8.4	—	8.4	8.4	8.8	11.0	7.6	—
O	1986	6.8	6.4	6.8	6.4	10.0	10.0	—	—
N	1986	11.0	2.2	4.0	3.0	2.0	19.0	—	1.5
D	1986	—	—	—	—	—	—	—	—
M	1987	15.5	—	—	3.0	3.0	142.0	—	—
J	1987	5.1	3.7	4.9	5.2	3.7	6.1	4.6	—
J	1987	5.7	4.6	4.2	3.7	3.0	5.0	3.0	—
A	1987	—	—	—	3.0	3.0	4.0	4.0	—
O	1987	3.6	2.4	3.2	0.7	2.3	4.6	—	—
E	1988	3.0	2.0	2.3	3.8	2.0	8.9	—	—
F	1988	2.0	—	12.0	8.9	2.0	—	—	—
M	1988	—	2.6	2.0	2.0	2.0	5.4	—	—
A	1988	4.5	138.8	185.5	16.0	3.0	51.0	—	—
M	1988	—	6.3	3.2	6.9	—	2.0	—	—
J	1988	10.3	17.8	17.2	14.6	—	8.0	—	—
J	1988	13.0	15.8	19.6	3.0	2.8	16.0	—	—
A	1988	3.9	13.6	5.8	4.0	—	3.6	—	—
S	1988	5.6	9.5	5.6	2.3	—	3.1	—	—
O	1988	10.0	10.0	3.7	2.5	3.3	8.0	—	—

reciente, al oeste del volcán, concretamente el poblado denominado Bajos del Toro, donde las plantaciones de jaúl y ciprés han sufrido daños indirectos debido a las precipitaciones ácidas promovidas por la actividad volcánica, se observan variaciones en los valores de pH de las precipitaciones.

Ahora bien, después de estos datos, es necesario indicar a los pobladores que han sido afectados por este tipo de contaminación, qué es lo que pueden hacer. En primer lugar, debe considerarse que los niños y los adultos, en especial aquellos con problemas respiratorios y piel muy sensible, no deben exponerse por períodos prolongados a un ambiente con las características antes indicadas y cuando se exponen por razones de trabajo o de fuerza mayor, se debe tener la precaución de utilizar mascarillas para gas y ropa que cubra bien; personas con estómagos muy sensibles no deben consumir aguas con pH bajo y con altas concentraciones de sulfatos, cloruros y fluoruros, entre otros. La vegetación, en cierto modo, tiene sus propios mecanismos de respuesta a niveles de contaminación, sin embargo, los cultivos de hortalizas se ven afectados cuando las precipitaciones alcanzan un pH de 3. En el caso de las construcciones, los costos de mantenimiento pueden ser muy altos en zonas cuya precipitación es considerada inferior a un pH de 5.6. Los niveles de corrosión dependerán en primera instancia de la calidad de los materiales expuestos el grado de exposición y del tipo de deposición (seca o húmeda). El deterioro gradual que sufre el Centro de Visitantes del Parque Nacional Volcán Poás, es un ejemplo de lo que la neblina ácida puede generar a lo largo del tiempo. También es necesario recalcar que la impactación a los ecosistemas, tanto acuáticos como terrestres, propiamente en el área del Poás, va a depender directamente de las emisiones del volcán.

BIBLIOGRAFIA

- Alfaro, Ma. del R., J.J. Rodríguez, E. Fernández y J. Barquero. 1988. **ACIDIC DEPOSITION FROM NATURAL SOURCES (ARENAL AND POAS VOLCANOES)**. En prensa.
- _____. 1986. **LLUVIA ACIDA DE ORIGEN VOLCANICO**. Boletín Vulcanología. V. 17, pp. 17-22.
- Barquero, J. 1988. **DATOS DE CAMPO DEL VOLCAN POAS**. Comunicación personal.
- Barret, T. W. and H.M. Benedict. 1970. Sulfurdioxide. In: **RECOGNITION OF AIR POLLUTION TO VEGETATION: A PICTORIAL ATLAS**. Edited by K.S. Jacobson and A.C. Hill. Air Pollution Control Association, Pittsburg, Penn.
- Casadeball, T., W. Tose, W. Fuller, W. Hunt, M.J. Mojers, D. Woods, R. Chuan and J. Friend. 1985. **SULFUR DIOXIDE AND PARTICLES IN QUIESCENT VOLCANIC PLUMES FROM POAS, ARENA AND COLIMA VOLCANOES, COSTA RICA AND MEXICO**. Journal of Geophysical Research (USA). 89 (6) 9633-96441.
- Environmental Protection Agency. 1984. **NATIONAL ACID PRECIPITATION ASSESSMENT PROGRAM**. Annual Report to the President and Congress. Wash. D.C.
- Güendel, F. 1988. **INFORMACION SOBRE LA ACTIVIDAD VOLCANICA**. Comunicación personal.
- Malhotra, S.S. and R.A. Blavel. 1980. **DIAGNOSIS OF AIR POLLUTANT AND NATURAL STRESS SYMPTOMS ON FOREST VEGETATION IN WESTERN CANADA**. Information Report NOR-X-228.