

ACIDEZ DE AGUAS LLUVIAS EN LA REGION METROPOLITANA  
Y V REGION

Sergio Villaseca C.<sup>1/</sup>

I. INTRODUCCION

Para algunos autores la acidez normal de las precipitaciones varía entre 6,5 y 7,0 (Fairfax y Lepp, 1975), en cambio otros la sitúan en un valor cercano a pH 5,5 -5,7 (Ferenbaugh, 1976; Marx, 1975; Lickens y Bormann, 1974), como resultado de la disolución del anhídrido carbónico en agua para formar ácido carbónico. Sin embargo, en los últimos 25 años, se han medido valores de pH en el noreste de los EE. UU., tan bajos como 2,1 (Lickens y Bormann, 1974), lo cual está indicando la presencia de ácidos mucho más fuertes. La presencia de estos ácidos se relaciona con la contaminación del aire, ya que la acidificación de la precipitación es el resultado de las emisiones de la combustión de combustibles fósiles (Hindawi y otros, 1980), cuyo incremento en el consumo en las 2 últimas décadas ha hecho elevar los niveles de los óxidos de N y S en la atmósfera. Estos compuestos, por hidratación y oxidación, han dado origen a los ácidos nítrico y sulfúrico, cuya presencia en la precipitación permite elevar la concentración del ión hidrógeno (Fairfax y Lepp, 1975). Este incremento de la acidez en el agua de lluvia, producido por las emisiones contaminantes de las industrias que las descargan en la atmósfera, ha resultado en una acidificación de los suelos, ríos y lagos (Heitschmidt y otros, 1978). Los efectos ecológicos de la lluvia ácida son, todavía en gran medida desconocidos, pero potencialmente, son muchos y muy complejos (Lickens y Bormann, 1974). Estos efectos, dicen los mismos autores, incluyen alteraciones en las tasas de lixiviación de los nutrientes del suelo, cambios en las relaciones predator-presa, acidificación de lagos y

---

<sup>1/</sup> Ingeniero Agrónomo. Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

ríos, acción sobre el metabolismo de los organismos y corrosión de estructuras metálicas. Estas alteraciones potenciales, que pueden ser directas e indirectas, se han estudiado en condiciones de lluvias ácidas simuladas (Hindawi y otros, 1980; Fairfax y Lepp, 1975; Keever y Jacobson, 1983; Forsline y otros, 1983; Evans y otros, 1982, 1981, 1979, 1977; Lickens y Bormann, 1974, 1976; Ferenbaugh, 1976).

La acción de las lluvias ácidas en los ecosistemas acuáticos pueden ser muy importantes. Lickens y Bormann, 1974, estiman que la tendencia a la disminución del pH de un gran número de ríos y lagos de Escandinavia, se deben a esta causa. Así también, estos autores consignan que se ha reportado una gran mortandad de peces, especialmente salmonideos, en los ríos y lagos tanto de Escandinavia como de Canadá, las cuales se han atribuido directamente al incremento de la acidez de la precipitación. Así, en Escandinavia se han medido valores de pH de 2.8. Además de los daños mencionados, deben sumarse los perjuicios a los edificios, estructuras, obras de arte, que pueden ser enormes y difíciles de cuantificar. En el área de Katowice, en Polonia, los trenes de carga son frenados a 40 km/hr debido a que las vías están corroidas por la lluvia caída (La Tercera, 1982).

El presente trabajo tiene como objeto conocer cuales son los valores de pH de las aguas lluvias de diferentes localidades con el fin de poder estimar cuales son las áreas libres de contaminación por este problema y dentro de las áreas afectadas establecer un rango de acuerdo a la acidez.

## II. MATERIALES Y METODOS

Se colocaron bandejas de plástico colectores de agua, sobre los techos de las casas, en predios de la V Región y Región Metropolitana ubicados a diferentes distancias de fuentes emisoras de gases contaminantes. En el Cuadro 1 se muestra la ubicación de las bandejas y la distancia en km a la fuente emisora.

Se colectaron 4 muestras de agua de lluvia, el 19 de mayo, el 15 de junio, el 8 de julio y el 16 de agosto de 1983. A cada una de estas muestras se les determinó el pH potenciométricamente, la conductividad eléctrica (C.E.) con Conductivímetro, los sulfatos y nitratos con las técnicas colorimétricas convencionales. Estas determinaciones se hicieron en el Laboratorio de Contaminación Ambiental de la Estación Experimental La Platina (INIA).

CUADRO 1. UBICACION DE LAS BANDEJAS Y DISTANCIA EN KM A LA FUENTE EMISORA

BANDEJA	LOCALIDAD	DISTANCIA A FUENTE EMISORA km	FUENTE EMISORA
1	Calle Larga 1	36.5 NW	Fundición Chagres
2	Calle Larga 1	35 NW	Fundición Chagres
3	San Felipe	25 W	Fundición Chagres
4	Chagres	1.5 NE	Fundición Chagres
5	Sta. Margarita	3.5 NE	Fundición Chagres
6	El Arrayán	3.5 NNE	Fundición Chagres
7	Catemu	4 N	Fundición Chagres
8	Esc. Agric. Sal.	5.5 NNE	Fundición Chagres
9	La Colonia	8 N	Fundición Chagres
10	La Calera 1	3 E	Cemento Melón
11	La Calera 2	3 NE	Cemento Melón
12	Concón 1	0.5 E	ENAP
18	Concón 2	2.5 E	ENAP
13	Puchuncaví	8 NE	Refinería Ventanas
14	El Rungue	10.5 NE	Refinería Ventanas
15	Nos 1	0.5 NE	Molymer
16	Nos 2	0.3 N	Molymer
17	Nos 3	0.15N	Carbomet
19	La Platina (INIA)	12.0 SW	Molymer

### III. RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2 se indica los resultados medidos para valores de pH sobre 5.

CUADRO 2. VALORES DE pH SUPERIORES A 5 CON SUS CORRESPONDIENTES VALORES PROMEDIO DE C.E. SULFATOS Y NITRATOS

LOCALIDAD	ACIDEZ	C.E.	SULFATOS	NITRATOS
	pH	umhos/cm 25°C	mg/l	mg/l
Calle Larga 2	5.1	74	31	2.62
Calle Larga 1	5.2	59	26.5	1.94
Nos 1	5.3	176	30.8	3.66
La Calera 2	5.7	178	46.8	3.72
La Platina (INIA)	6.2	39	25	1.94
La Calera 1	6.5	238	59.5	0.95

De los resultados expuestos, se desprende que las localidades de La Calera y La Platina no están afectadas por el problema de lluvia ácida y las de Calle Larga y Nos 1 en muy pequeña medida. Así también, la cantidad de sulfatos es relativamente baja, a excepción de La Calera 1 y 2 en que el promedio fue alto. Con los nitratos sucede algo parecido similar ya que los valores son muy similares a excepción de Nos 1 y La Calera 2, en que también resultó un valor muy alto.

CUADRO 3. Valores de pH promedio entre 3.8 y 4.9 de diferentes localidades con sus correspondientes valores promedio de C.E., Sulfatos y Nitratos.

LOCALIDAD	ACIDEZ	C.E.	SULFATOS	NITRATOS
	pH	umhos/cm 25°C	mg/l	mg/l
Sta Margarita	3.8	307	69.5	2.51
Esc. Agrícola	4.0	209	48.3	3.36
El Arrayán	4.1	225	65.3	3.06
Catemu	4.3	130	33.8	1.58
Nos 3	4.4	133	39.3	1.67
Puchuncaví	4.5	208	45.3	2.84
Concon 1	4.6	117	35	4.05
Nos 2	4.7	213	68	2.74
Chagres	4.8	230	53.5	4.28
La Colonia	4.9	89	32.3	1.37
San Felipe	4.9	48	25	1.97

De los resultados se desprende que hay un efecto de lluvia acida en varias localidades. Este efecto es más notorio en el valle de Catemu, en donde se registraron en la localidad de Sta. Margarita, los valores de pH, extremos y promedio, más bajos con 3,44 y 3,88 respectivamente. Con relación a la Conductividad Eléctrica, el mínimo valor en promedio se registró en San Felipe y el máximo en Sta. Margarita. Así también en Sta. Margarita se registró la máxima cantidad de sulfatos, con 69.5 mg/l, lo cual está de acuerdo con la acidez del agua de lluvia. Cabe destacar que en el Valle de Catemu, la localidad más cercana a la fuente emisora es Chagres y la localidad más alejada de esta fuente es La Colonia; ambas resultaron con los valores de pH más altos, es decir, con menor acidez. Esto se explica por cuanto la chimenea descarga sus emisiones contaminantes al aire y es el viento el que se encarga de dispersarlas en el valle, siendo su efecto más intenso en el punto medio del valle ubicado a 3.5 km de la industria, por lo cual en La Colonia que es el punto más alejado, a 8 km, es menor la influencia y Chagres que está a 1.5 km podría decirse que está demasiado cerca de la fundición, por lo tanto su efecto es menor. En relación a los nitratos sucede lo contrario a lo expuesto para los sulfatos ya que el menor valor en promedio se registró en La Colonia, es decir el sector más alejado de la fundición, con 1.37 mg/l y el valor más alto se registró en Chagres, que es el punto más cercano a la fundición, con 4.28 mg/l.

Los antecedentes expuestos concuerdan con lo publicado en la prensa respecto de daños reportados por los agricultores a la actividad agropecuaria y a la salud de los habitantes tanto en el valle de Catemu (El Mercurio, 1981), como en el de Puchuncaví (La Tercera, 1981).

## CONCLUSIONES

- De las diferentes localidades que se estudiaron, no hubo efecto de lluvia ácida en La Platina (INIA) y La Calera y con un ligero efecto en Nos 1 y Calle Larga.
- Si hubo efecto en los valles de Catemu, de Puchuncaví, en Nos 2 y 3 y en Concón.
- La mayor acidez de las aguas lluvias se registró en el sector medio del valle de Catemu, en la localidad de Sta. Margarita, con un valor promedio de 3.8.
- Esta misma localidad presentó la mayor cantidad de sulfatos, promedio de 4 muestras, con 69.5 mg/l.

- Aún cuando los valores medidos no son tan espectacularmente bajos como los citados en la literatura, es importante el continuar este tipo de estudios, a fin de correlacionarlos con los posibles daños a las plantas, a los suelos y en general a todo el medio ambiente.

## RESUMEN

Para conocer la acidez del agua de lluvia, se instalaron colectores de plástico en diferentes localidades de la V Región y Región Metropolitana. Se efectuaron 4 muestreos de las precipitaciones, a las cuales se les determinó la acidez (pH), la conductividad eléctrica (C.E.), el contenido de sulfatos y el de nitratos. Se determinó que en las localidades de La Calera y La Platina (INIA) no se registró acidez en el agua de lluvia; pH sobre 5.5.; se registró ligera acidez en Nos 1 (pH 5.3) y Calle Larga (pH 5.2). Por otra parte, se determinó acidez en distintos niveles en los valles de Catemu (pH 4,3), Puchuncaví (pH 4.5), Nos 2 (pH 4.2) 3 (pH 4.4) y en Concón (pH 4.6). El sector más afectado correspondió al valle de Catemu y dentro de esta la localidad de Sta. Margarita, que registró la mayor acidez con un pH promedio de 3.8 y un contenido de sulfatos de 69.5 mg/l.

## BIBLIOGRAFIA

- EL MERCURIO. 1981. Alarma en Catemu. p. 8
- EVANS L. S., GMUR N.F. and DA COSTA F. 1977. Leaf surface and histological perturbations of leaves of Phaseolus vulgaris and Helianthus annuus after exposure to simulated acid rain. Amer. J. Bot. 64: 903-913.
- EVANS L. and CURRY T.M. 1979. Differential response of plant foliage to simulated acid rain. Amer. J. Bot. 66: 955-962.
- EVANS L., CURRY T.M., and LEWIN K.F. 1981. Responses of leaves of Phaseolus vulgaris L. to simulated acid rain. New Phytol. 88: 403-420.
- EVANS L., LEWIN K.F., CUNNINGHAM E.A. and PATTI, J. 1982. Effects of simulated acidic rain on yields of field-grown crops. New-Phytol. 91: 429-441.
- PAIRFAX J.A.W. and LEPP N.W. 1975. Effect of simulated "acid rain" on cation loss from leaves. Nature. 255: 324-325.
- FERENBAUGH R.W. 1976. Effects of simulated acid rain on Phaseolus vulgaris L. (Fabaceae). Amer. J. Bot. 63(3): 283-288.

- FORSLINE P.L., DEE R.J. and MELIOUS R.E. 1983. Growth changes of apple seedlings in response to simulated acid rain. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108(2): 202-207.
- FORSLINE, P.L. MUSSELMAN R.C., KENDER W.J., and DEE R.J. 1983. Effects of acid rain on apple tree productivity and fruit quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108(1): 70-74.
- FORSLINE P.L., MUSSELMAN R.C., KENDER W.J. 1983. Effects of acid rain on grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 34(1): 17-22.
- HEITSCHMIDT R.K. and ALTMAN J. 1978. Probable effects of SO<sub>2</sub> on agricultural crops. Colorado State Univ. Exp. Station Fort Collins, *Technical Bulletin* 133: 5-6.
- HINDAWI I.J. REA J.A. and GRIFFIS W.L. 1980. Response of bush bean exposed to acid mist. *Amer. J. Bot.* 67(2): 68-172.
- KEEVER G.J., JACOBSON J.S. 1983. Simulated acid rain effects on Zinnia as influenced by available nutrients. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108(1): 80-83.
- LA TERCERA DE LA HORA. 1981. La nube de azufre que mata y enferma. *Suplemento Buen Domingo*.
- LA TERCERA DE LA HORA. 1982. Científicos descubren que la lluvia es peor que la sequía.
- LICKENS G.E. and BORMANN F.H. 1974. Acid rain: A serious regional environmental problem *Science* 184: 1176-1179.
- LICKENS G.E. and BORMANN F.H., JOHNSON N.M. and GALLOWAY J.N. 1976. Acid precipitation: Strong and weak acids. *Science* 194: 643-645.
- MARX J.L. 1975. Air pollution: Effects on plants. *Science* 187: 731-733.