

CONTAMINACION CON METALES PESADOS DEL AREA VECINA A UNA FUNDICION DE COBRE. CATEMU, V REGION¹

Heavy-metal pollution of an area near a copper smelter in Chile. Catemu, V Region

Sergio P. González M.², Enrique Bergqvist A.² y Regina Ite D.²

SUMMARY

A research to determine the influence of a copper smelter on heavy metal content in soils, vineyard leaves, and particulate matter, within the Catemu area, V Region of Chile, was conducted, from September 1981 to March 1982.

It was concluded that the smelter has greatly influenced the surrounding area. The data obtained showed an extremely high copper content in soils, leaves and particulate matter, with a pattern of distribution inversely related to the distance from the industry.

High cadmium, lead and molybdenum content in soils was also detected, though their accumulation was lower, when compared with that of copper. High concentrations of zinc and lead were also found in the particulate samples.

INTRODUCCION

Se sabe que las fundiciones de minerales son causantes de deterioro de los recursos existentes en áreas vecinas (Buchauer, 1973; Petterson, 1976; Miller y McFee, 1983). En el caso de las fundiciones de minerales cupríferos, ello se debe a la emisión de grandes volúmenes de anhídrido sulfuroso (SO₂), y de elementos particulados, ricos en metales pesados (Silo, 1980; Eldred y otros, 1978).

El gas ejerce una acción directa, desfoliadora en vegetales e irritante del aparato respiratorio en mamíferos superiores, además de una acción indirecta, cáustica

en vegetales y corrosiva en estructuras metálicas, por su disolución en el agua y transformación en ácido sulfúrico (Eldred y otros, 1978). Este último proceso es conocido como "lluvia ácida".

Los elementos particulados, emitidos por estas industrias, aportan gran cantidad de metales pesados, los que, incorporándose al ambiente por diversos caminos, pueden disminuir la productividad de un área y la calidad de la vida (Petterson, 1976).

La emisión de gases y sus efectos son más evidentes en esta clase de contaminación ambiental. De hecho, ello ha sido el origen de la inquietud de los habitantes del área de Catemu, ubicado al norte de la fundición de minerales de cobre de Chagres, V Región. Los daños observados son asociables a concentraciones elevadas de SO₂ en la atmósfera: corrosión acelerada, atípica, de estructuras metálicas, incluyendo los alambres galvanizados, esenciales en el manejo de parronales, cultivo representativo del área. Además, no se debe descartar una acción directa del gas sobre la masa foliar.

¹ Recepción de originales: 9 de agosto de 1983.

Estudio perteneciente a la Etapa Diagnóstico del Proyecto "Contaminación en el Valle Aconcagua", ejecutado por INIA, bajo contrato con ODEPA. Presentado a las XXXIV Jornadas Agronómicas, Chillán, Julio 1983.

² Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

Lo anterior sería representativo de un proceso de "lluvia ácida"; esta suposición se ve refrendada por algunas mediciones de pH en agua de rocío (Escuela de Agronomía, U.C.V., 1980, no publicado), dando valores entre 3,7 y 4,9. Un estudio de INIA (en ejecución) está entregando valores similares para aguas de lluvia, recolectadas durante 1983.

El objetivo del presente estudio fue determinar el contenido de cobre, molibdeno, cinc, plomo y cadmio en los recursos y en elementos particulados recolectados dentro del área expuesta a recibir las emanaciones de la fundición de minerales de Chagres.

MATERIALES Y METODOS

Tal como se indica en la Figura 1, se establecieron dos transectos longitudinales, con origen común en la fundición de minerales: uno, en dirección norte (transecto La Colonia) y otro, en dirección noreste

(transecto Santa Margarita); con ello se pretendió cubrir las áreas mayormente expuestas a recibir las emisiones de la industria, de acuerdo a la dominancia de los vientos de la zona.

Sobre los transectos y a distancias variables entre 1.300 y 700 m, se eligieron 12 lugares, para la toma de muestras de suelo y vegetales y la ubicación de trampas recolectoras de material particulado sedimentable.

Las trampas fueron instaladas en septiembre de 1981 y retiradas en marzo de 1982, recolectándose el material aéreo sedimentado en bolsas de polietileno. Luego de su cuantificación, las muestras fueron digeridas en húmedo y analizadas, vía absorción atómica, para determinar el contenido de metales pesados; ello fue equivalente al aporte de metales pesados durante el período de muestreo.

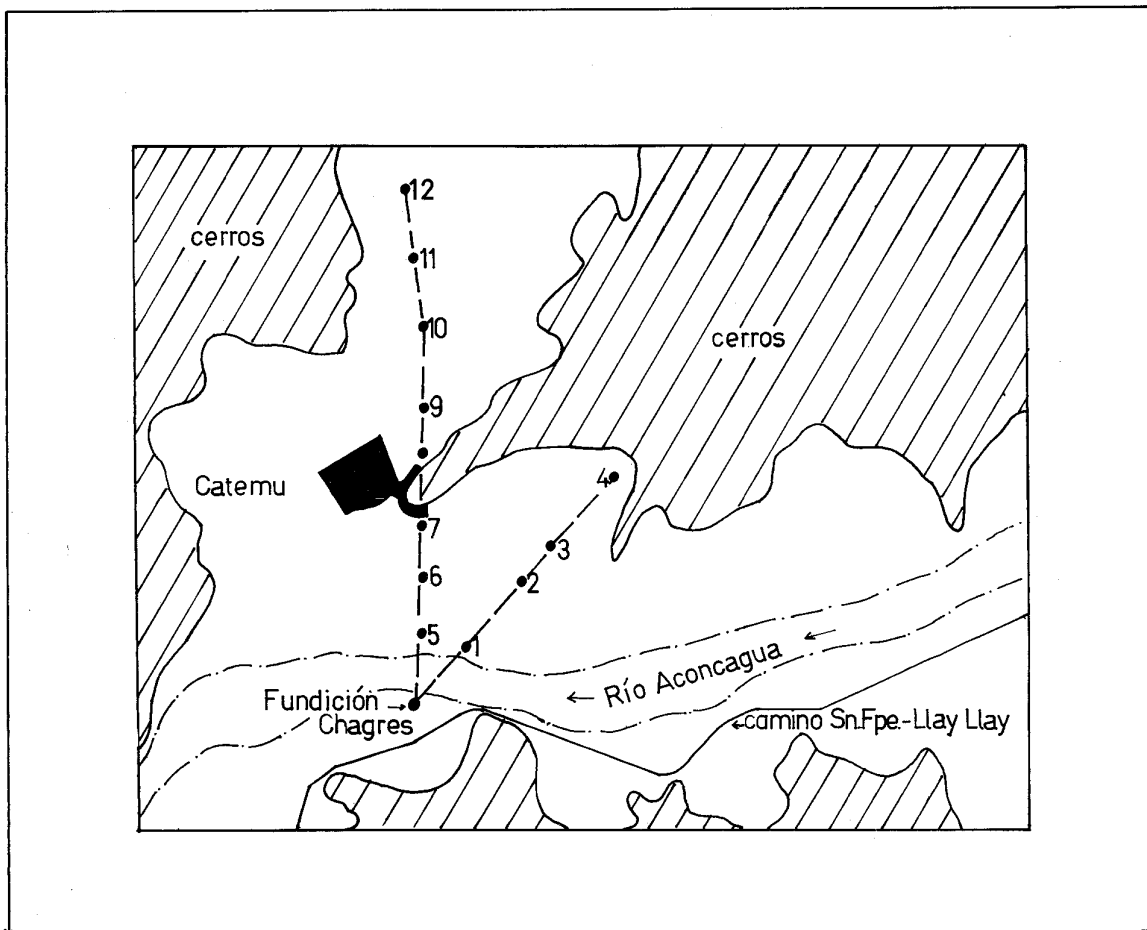


FIGURA 1. Ubicación de sitios de toma de muestras.
FIGURE 1. Location of sample collecting sites.

Las muestras de suelo, en su estrata superficial (0–20 cm), fueron recolectadas en marzo de 1982. Luego de ser secadas al aire, molidas y tamizadas bajo 2 mm, las muestras fueron analizadas para determinar pH, sulfatos solubles y metales pesados extractables con EDTA 0,05 M (Scott y otros, 1971). Ello correspondió a la acumulación total de metales pesados.

Las muestras de vegetales fueron hojas de parronales, tomadas en la época de cuaja (González, 1969); fueron secadas a 60° C, molidas mecánicamente, calcinadas y digeridas con HCl concentrado, para su análisis por absorción atómica. No se discriminó entre el contenido interno de metales pesados y el aportado por polvos depositados sobre la masa foliar.

El análisis de absorción atómica fue realizado en un aparato Pye-Unicam 2900, perteneciente al Laboratorio Central de Contaminantes y Alimentos (LACECONAL) de la Estación Experimental La Platina, INIA.

RESULTADOS Y DISCUSION

Considerando, en primer término, que la emisión de gases (SO₂, básicamente) es el factor primario en un proceso contaminante originado por una fundición de minerales, se supuso que su elevada concentración en la atmósfera debía reflejarse en el suelo, ya sea por una acumulación de sulfatos, un aumento en la acidez o por un aumento en la conductividad eléctrica.

De acuerdo a los resultados analíticos presentados en el Cuadro 1, esta suposición no fue evidente. Si bien es cierto que el suelo presentó, en algunos sectores, un nivel mayor de sulfato, asociable a un valor menor en el pH, y que esta acidez no parece corresponder al tipo de suelos existentes en el Valle Aconcagua (Chile, Comisión Nacional de Riego, 1979), no se detectó una relación entre estas mediciones analíticas, incluyendo la conductividad eléctrica, y la distancia con respecto a la industria. Con esta evidencia y tomando en cuenta la variabilidad intrínseca del suelo, no fue posible asignar estos cambios a un factor ajeno a la naturaleza misma. Estudios más profundos, incluyendo el análisis de los suelos en profundidad, son necesarios.

En el caso de los metales pesados, se partió de la siguiente hipótesis de trabajo: al existir un proceso contaminante activo por más de 30 años, tendría, necesariamente, que haberse producido una acumulación excesiva de metales pesados en los recursos naturales, especialmente suelos, siguiendo una gradiente de concentración inversa a la distancia desde la fundición; además el cobre debería ser el elemento más representativo del proceso. Los resultados obtenidos tienden a corroborar esta hipótesis.

CUADRO 1. Contenido de sulfatos solubles, pH (1:1 agua) y conductividad eléctrica de estrata superficial (0–20 cm) de suelos del area de Catemu, V Region

TABLE 1. Content of soluble sulphates, pH (1:1 water), and conductivity of the upper layer (0–20 cm) of soils from the Catemu area, V Region of Chile

Lugar-Transecto	Distancia del origen km	pH	C.E. mmhos/cm-25° C	SO ₄ ²⁻ mg/lt
1 Sta. Margarita	1,2	6,7	0,8	271
2 Sta. Margarita	2,4	7,4	0,8	132
3 Sta. Margarita	3,0	7,8	1,3	167
4 Sta. Margarita	4,3	6,7	1,4	479
5 La Colonia	1,0	7,5		
6 La Colonia	1,8	7,6		
7 La Colonia	2,8	7,9		
8 La Colonia	3,6	7,7	0,8	138
9 La Colonia	4,3	7,6		
10 La Colonia	5,4	7,4		
11 La Colonia	6,4	6,7		
12 La Colonia	7,3	7,3		

La Figura 2 presenta los contenidos de cobre en suelos, vegetales y material particulado recolectado y su distribución espacial. Con respecto a los suelos, el nivel de cobre excede, claramente y en todos los lugares, el contenido natural de este elemento (Purves, 1977), el cual presenta un rango que puede alcanzar hasta 100 mg/kg suelo seco (s.s.), con un promedio de 30–40 mg/kg s.s.; en algunos sectores cercanos a la fundición, se detectó concentraciones a las cuales el desarrollo vegetal se ve disminuido (Venugopal y Luckey, 1975; Brar y Sekhon, 1976). Esta acumulación anormal de cobre, que no se reproduce en otros sectores del valle (Chile, INIA, 1982), puede explicarse por la existencia de una industria procesadora de este elemento en la zona, ya que la distribución espacial del cobre guarda una estrecha relación con la distancia respecto a ella. El hecho que los niveles de cobre sean mayores en los suelos captados en el transecto Santa Margarita, comparados con los del transecto La Colonia, radicaría en que los vientos dominantes son de dirección noreste.

El análisis de los suelos permitió dimensionar la acumulación total de cobre producida por el proceso; ello no indica si este proceso de deterioro está, actualmente, activo. Si se analiza las curvas de contenido y distribución de cobre en los elementos particulados, captados durante el año agrícola 1981-82, es indudable que la contaminación continúa, ya que el cobre fue detectado en material fresco, con una distribución espacial general, similar a la encontrada en las

muestras de suelo; algunas diferencias observadas pudieron obedecer a las condiciones climáticas dominantes durante el ciclo de captación de partículas y a cierto error experimental, ya que debió reinstalarse algunas trampas, que habían sido volteadas.

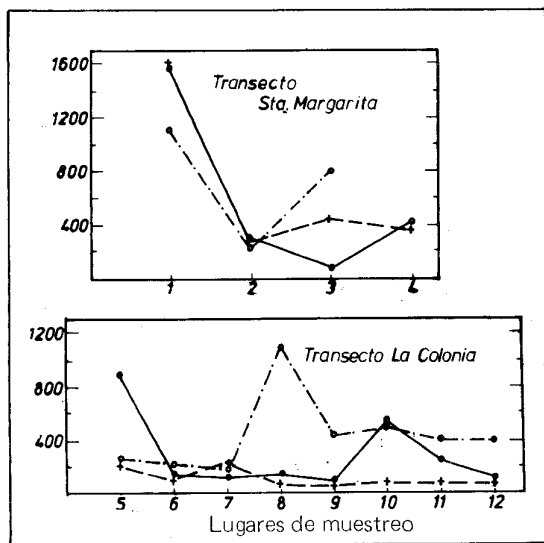


FIGURA 2. Contenido de Cu en recursos del área Catemu-V Región (●—● mg Cu/kg m.s. (hojas); ○—○ g Cu/ha/año (partículas); +—+ mg Cu/kg suelo seco).

FIGURE 2. Copper content in samples collected at the Catemu area (●—● Cu in leaves, mg/kg D.M.; ○—○ Cu in particles, g/ha/year; +—+ Cu in dry soil, mg/kg).

Los resultados de contenido de cobre en las muestras vegetales refuerzan las conclusiones obtenidas. Por tratarse de hojas de parronales, cultivo de hoja caduca, los valores de cobre obtenidos corresponden al de los polvos depositados sobre la masa foliar durante el ciclo agrícola 1981-82, además del contenido interno. El nivel del elemento excedió, en todas las muestras, los niveles de normalidad publicados (González, 1969; Novoa, 1980; Davis, Beckett y Wollan, 1978) y los niveles en otros sectores no contaminados del valle Aconcagua; al igual que para los suelos y elementos particulados, el nivel de cobre mantuvo una relación inversa con la distancia desde la industria.

Normalmente, el cobre se encuentra asociado a otros elementos pesados, como cadmio, cinc, molibdeno, plomo. Los contenidos de estos elementos en el área bajo estudio se presentan en el Cuadro 2.

El contenido de cadmio en los suelos, normalmente bajo 1 mg/kg s.s. (Purves, 1977), aumentó hasta niveles de 5 mg/kg s.s. en las cercanías de la fundición, indicando con ello, la existencia de una relación causa-efecto; alejándose de la industria, los suelos captados a una distancia de 3,6 km o más, no reflejaron niveles sobre el normal. No obstante que no fue detectado en los vegetales analizados, su presencia en los elementos particulados, captados en el ciclo agrícola 1981/82, y la relación entre concentración y distancia con respecto a la industria, revelaron que continúa siendo aportado al ambiente.

CUADRO 2. Contenido de metales pesados en suelos, vegetales y en elementos particulados colectados en área de Catemu

TABLE 2. Content of heavy metals in soils, vegetables and particles collected at the Catemu area, V Region of Chile

Lugar-Transecto	Suelos mg/kg				Vegetal mg/kg				Partículas g/ha/año			
	Cd	Mo	Pb	Zn	Cd	Mo	Pb	Zn	Cd	Mo	Pb	Zn
1 Sta. Margarita	4,9	56	225	61	ND	ND	74	44	1,8	4,2	91	1.531
2 Sta. Margarita	3,7	79	102	42	ND	ND	69	34	0,5	ND	89	308
3 Sta. Margarita	5,1	70	91	27	ND	ND	42	40	tr	ND	100	5.364
4 Sta. Margarita	1,2	34	168	31	ND	ND	61	79	1,2	ND	53	1.828
5 La Colonia	3,7	34	170	65	ND	ND	96	51	1,8	ND	98	539
6 La Colonia	4,9	56	88	33	ND	ND	85	41	0,9	ND	109	434
7 La Colonia	1,2	23	129	200	ND	ND	95	90	0,5	ND	106	233
8 La Colonia	tr	33	56	25	ND	ND	70	53	ND	ND	55	873
9 La Colonia	ND	21	81	15	ND	ND	66	39	ND	ND	25	391
10 La Colonia	ND	34	65	29	ND	ND	116	48	ND	ND	23	820
11 La Colonia	ND	11	80	10	ND	ND	64	98	ND	ND	108	391
12 La Colonia	ND	11	109	50	ND	ND	86	62	ND	ND	102	232

Indices de normalidad* <1 <15 <50 <40 <1 <20 <40 <40

*Valores obtenidos en suelos y cultivos dentro del valle Aconcagua, fuera de áreas probablemente contaminadas (Chile, INIA, 1982).

El molibdeno fue detectado en concentraciones elevadas en los suelos, con una distribución espacial similar al cobre y cadmio. A diferencia de estos últimos, el molibdeno fue detectado sólo en una muestra de elementos particulados, la más cercana a la industria y perteneciente al transecto ubicado en la dirección de dominancia de los vientos. La no detección en los vegetales, se debió, quizás, a que no fue aportado durante el período de muestreo o a una deficiencia inducida por el exceso de cobre, a través de un proceso de inhibición competitiva (Venugopal y Luckey, 1975).

Se encontró altos contenidos de plomo en los suelos, excediendo los valores publicados como normales (Novoa, 1980; Purves, 1977), pero con una distribución espacial no relacionable con la distancia desde la fundición; lo anterior es válido también para sus contenidos en los vegetales.

En relación al cinc, se comprobó que sus concentraciones en los suelos eran ligeramente superiores a los valores de normalidad publicados (Novoa, 1982), sin poder precisarse si los suelos están contaminados con este elemento. No obstante, fue detectado en gran cantidad en los elementos particulados; pero su distribución tampoco mantuvo una concordancia con la distancia desde la fundición de minerales.

CONCLUSIONES

El estudio permitió obtener las siguientes conclusiones:

- Se detectó un proceso de contaminación ambiental en el área de Catemu, V Región, caracterizado por una acumulación anormalmente elevada de metales pesados en los suelos y vegetales.
- Esta acumulación excesiva no es atribuible a causas naturales, por cuanto se encuentra circunscrita al área estudiada, no manifestándose en otros sectores del Valle Aconcagua.
- El elemento que se detectó en máximos niveles en los suelos fue cobre, aunque también se encontraron niveles elevados de cadmio, molibdeno y plomo.
- El nivel de acumulación de cobre, cadmio y molibdeno en los suelos aumentó rápidamente hacia las cercanías de una industria procesadora de cobre, ubicada en Chagres; esta distribución no fue evidente para el plomo.
- La existencia de esta gradiente de concentración en los suelos y la riqueza en metales pesados de los vegetales y elementos particulados depositados sobre el área, con una distribución de concentración similar, permite inferir que la fuente originaria de la contaminación es la fundición de minerales de Chagres.
- El mayor grado de acumulación ha ocurrido en dirección noreste, con respecto a la industria, por corresponder a la dirección dominante de los vientos en el área estudiada.
- El cinc no fue detectado como agente contaminante en los suelos ni en los vegetales, aunque se presentó en elevados contenidos en los elementos particulados.

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio para determinar la influencia de una fundición de minerales, ubicada en Chagres, sobre los contenidos de metales pesados en suelos, hojas de parronales y materia particulada, dentro del área de Catemu, V Región; este estudio duró desde septiembre de 1981 a marzo de 1982.

Se concluyó que la fundición ha influenciado grandemente el área vecina. Los resultados obtenidos mos-

traron una concentración de cobre extremadamente elevada en los suelos, vegetales y elementos particulados, con un modelo de distribución relacionado inversamente a la distancia desde la industria.

También, se detectó contenidos elevados de plomo, molibdeno y cadmio en los suelos, aunque sus niveles fueron inferiores a los del cobre. La materia particulada fue, también, rica en cinc y plomo.

LITERATURA CITADA

- BRAR, M.S. and SEKHON, G.S. 1976. Interaction of zinc with other micronutrient cations. I. Effect of copper on zinc absorption by wheat seedlings and its translocation within the plants. *Plant and Soil* 54: 137–143.
- BUCHAUER, M. 1973. Contamination of soil and vegetation near a zinc smelter by zinc, cadmium, copper and lead. *Environ. Sci. Technol.* 7: 131–135.
- CHILE, COMISION NACIONAL DE RIEGO. 1979. Estudio integral de riego de los valles Aconcagua, Putaendo, Ligua y Petorca. Situación actual de riego (Documento de trabajo). Com. Nac. de Riego-CICA, Santiago (en revisión).
- CHILE, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. 1982. Contaminación del valle del río Aconcagua. II. Informe anual (presentado a ODEPA). INIA, Santiago. 179 p.
- DAVIS, R.D.; BECKETT, P.H.T. and WOLLAN, E. 1978. Critical levels of twenty potentially toxic elements in young spring barley. *Plant and Soil* 49: 395–408.
- ELDRED, J.; FLEMING, S. and LEVELL, S. (eds.). 1978. Atmospheric contamination. A review of the air pollution problem. George Over Ltd. London. 80 p.
- GONZALEZ, M., S.P. 1969. Variación estacional de la composición química de la vid. U. Católica de Chile, Santiago 69 p. (Tesis Ing. Agr., mimeografiada).
- MILLER, W.P. and McFEE, W.W. 1983. Distribution of cadmium, zinc, copper, and lead in soils of industrial North-western Indiana. *J. Environ. Quality* 12(1): 29–33.
- NOVOA, R. 1980. Contaminación de aguas y vegetales por elementos químicos pesados. En: INIA-Intendencia Región Metropolitana. I. Simposio de Contaminación del Medio Ambiente. p. 56–72.
- PETTERSSON, O. 1976. Heavy-metal ion uptake by plants from nutrients solutions with metal ion; plant species and growth period variations. *Plant and Soil* 45: 445–459.
- PURVES, D. 1977. Trace-element contamination of the environment. Elsevier, New York. 260 p.
- SILO, C. 1980. Aspectos generales de la contaminación atmosférica y su efecto puntual en la agricultura. En: INIA-Intendencia Región Metropolitana. Simposio de Contaminación del Medio Ambiente, p. 37–44.
- SCOTT, R.O.; MITCHELL, R.L.; PURVES, D. and VOSS, R.C. 1971. Spectrochemical methods for the analysis of soils, plants and other agricultural materials. *Bulletin* 2. Macaulay Institute, Aberdeen, p. 6.
- VENUGOPAL, B., and LUCKEY, T.D. 1975. Toxicology of non-radioactive heavy metals and their salts. En: Heavy metal toxicity, safety and hormology. Academic Press, New York. p. 4–73.