

RIESGO AMBIENTAL PARA LOS SUELOS DE CHILE*



Efecto del cobre en distintas concentraciones sobre plantas de trigo.

Metales como cobre, cadmio, cinc y plomo, una vez incorporados al suelo, son almacenados por largo tiempo.

Sergio González M.

Uno de los aspectos más inquietantes de la contaminación de áreas agrícolas con residuos mineros, es la acumulación progresiva de elementos metálicos en los suelos y que, con el tiempo, excedan los umbrales tóxicos. Por razones obvias, el elemento de mayor impacto ambiental en Chile es el cobre.

El umbral tóxico de un metal en los suelos, o sea aquella concentración a partir de la cuál se generan daños en los vegetales, es variable y depende del metal contaminante, del suelo receptor, de la especie vegetal afectada y de las condiciones climáticas en que se da el proceso.

Independiente de la toxicidad para las plantas, el mayor riesgo ambiental involucrado en las descargas de elementos metálicos es, principalmente, el hecho que todos tienden a terminar sus ciclos de dispersión acumulándose en los suelos, recurso esencial para la producción masiva de alimentos.

* Información del proyecto " Fuentes de contaminación en sectores agrícolas, regiones IV a XI", financiado por FIA - ejecutado por INIA. (1987-1990).

Los suelos tienden a retener las sustancias recibidas y no a liberarlas. Metales como cobre, cadmio, cinc y plomo, una vez incorporados al suelo por procesos contaminantes, son almacenados por largo tiempo, aun cuando se haya extinguido el foco causante. Este concepto se llama tiempo de residencia, período necesario para que la cantidad de metal incorporado a un suelo se reduzca en un 10%.

A modo de ejemplo, el tiempo de residencia del cobre puede exceder de 100 años, en función del tipo y pH del suelo y de los agentes climáticos. El del plomo, en suelos de texturas medias, puede superar los 200 años. Se comprende fácilmente que éste es un campo donde prevenir es más importante que curar.

Entre los años 1981 y 1990, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) se dio a la labor de caracterizar los suelos, en cuanto a los contenidos de una serie de elementos químicos, conocidos como contaminantes ambientales en Chile. Para ello, se usó el horizonte superficial (A_p) como elemento de diagnóstico.

Esta prospección fue considerada esencial para el desarrollo futuro de las investigaciones en esa área, las que debían evaluar los procesos contaminantes, sobre la base del contenido basal de elementos trazas, la amplitud de sus rangos de fluctuaciones y sus distribuciones regionales.

El presente artículo resume la información obtenida sobre los contenidos totales de cadmio, cinc, cobre, manganeso, molibdeno y plomo, entre las Regiones III y XI. Las unidades agrícolas, o mejor llamadas unidades agroecológicas, estudiadas fueron:

- Valle del río Huasco, III Región,
- Valles de los ríos Elqui y Limarí, IV Región,
- Valle del río Aconcagua y secano costero vecino a fundición de cobre, en Ventanas, ambas en la V Región,
- Valles de los ríos Mapocho y Maipo, Región Metropolitana,
- Valle de los ríos Cachapoal y Tinguiririca, VI Región,
- Valles de los ríos Teno, Lontués y Maule, VII Región,
- Valles de los ríos Laja y Bío-Bío, VIII Región, y
- Diferentes sectores cultivados, Regiones IX, X y XI.

Cobre

Los contenidos totales de cobre en el estrato superficial de los suelos, expresados en mg/kg como valores promedios y rango de variación por unidad, se presentan en las Figuras 1 y 2. Los promedios muestran un amplio rango de fluctuación a nivel nacional, siendo el promedio menor (XI Región) equivalente a 32 veces al promedio mayor (valle del Cachapoal, VI Región).

La Figura 1 permite precisar que los promedios máximos se alcanzan en un tramo entre la V Región, por el norte, y el valle del Cachapoal, por el sur, excluido el del río Maipo (Región Metropolitana), siendo notoriamente más altos que los restantes promedios de unidades, los que se mantienen por debajo de los 100 mg/kg.

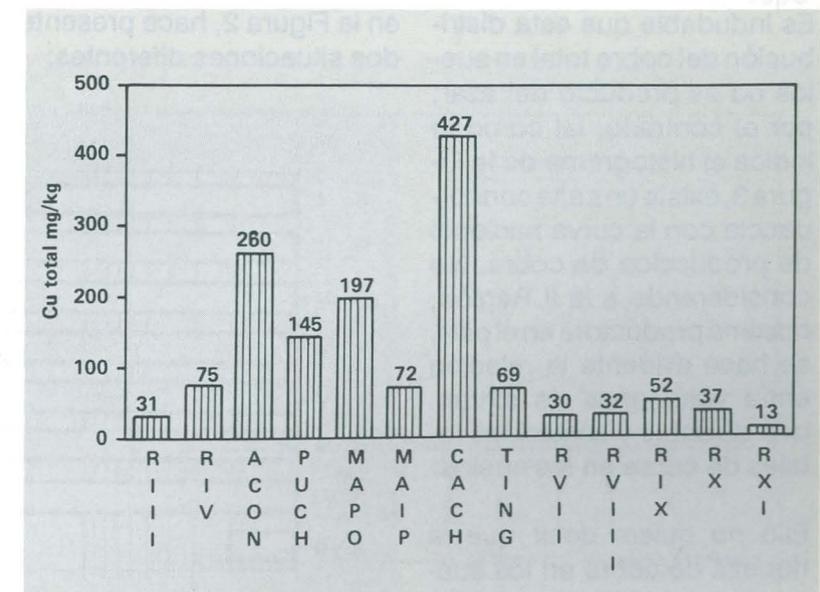


Figura 1. Cobre total en suelos. Promedios por áreas.

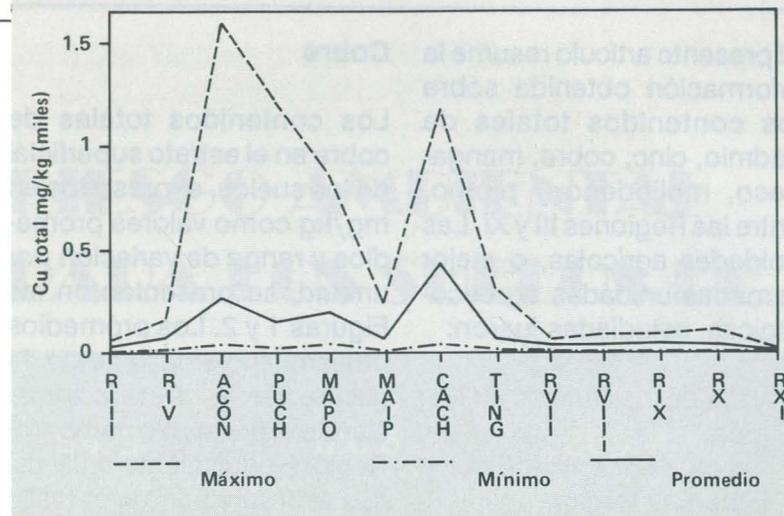


Figura 2. Rangos de Cobre total en suelos. Variaciones locales.

Dentro de estas últimas, los mayores corresponden a unidades vecinas al tramo rico en cobre, como los valles de la IV Región y del Tinguiririca, en la VI Región (75 y 69 mg/kg, respectivamente); mientras tanto, los promedios mínimos se alcanzan en suelos de la zona sur.

Es indudable que esta distribución del cobre total en suelos no es producto del azar; por el contrario, tal como lo indica el histograma de la Figura 3, existe una alta concordancia con la curva nacional de producción de cobre. No considerando a la II Región, máxima productora en el país, se hace evidente la relación entre volúmenes de extracción de cobre y contenidos totales de cobre en los suelos.

Ello no quiere decir que la riqueza de cobre en los suelos de estas unidades se deba necesariamente a contamina-

ción desde centros mineros. En algunos casos parece reflejar un equilibrio natural alcanzado por procesos de mineralización del metal desde sus yacimientos cordilleranos.

Al respecto, la evolución de las curvas de valores extremos y promedios, mostrada en la Figura 2, hace presente dos situaciones diferentes:

- la del valle de Aconcagua, sector de Puchuncaví y valle Mapocho, que presentan promedios más cercanos a los valores mínimos y con máximos significativamente alejados de los promedios, indica que los suelos cúpricos ocupan sectores locales dentro de la unidad, y

- la del valle del Cachapoal, con un promedio equidistante de los extremos, señalan que la existencia de suelos cúpricos es generalizada en toda la unidad o bien, que ocupan numerosos sectores locales.

Es evidente que tales situaciones tienen orígenes distintos. En el caso de las unidades de la V Región, la cupricidad es de origen antrópico*, estando circunscrita a las áreas de influencia de fundiciones de minerales; en el

*Relativo al hombre.

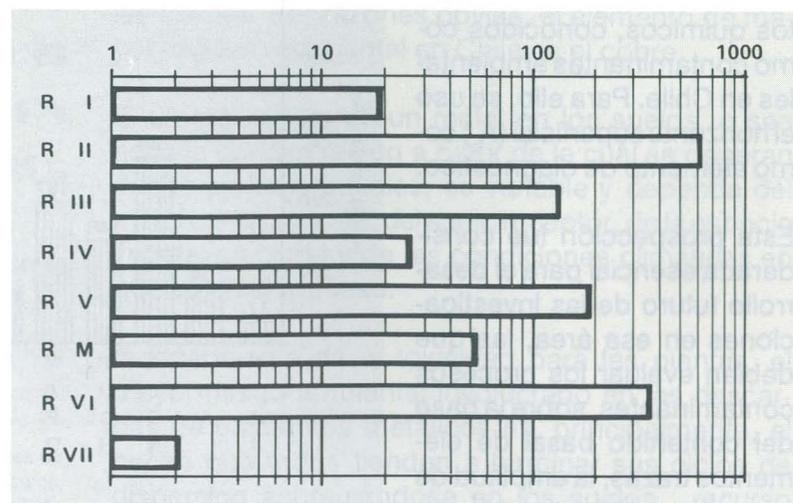


Figura 3. Producción nacional de cobre, en 1987.

Cachapoal, la riqueza cúprica parece obedecer esencialmente a procesos naturales de lavado de cobre desde yacimientos cordilleranos y su posterior impregnación en los suelos, sin descartar por ello la concurrencia actual de aportes antrópicos*.

El valle del Mapocho representa una situación intermedia, puesto que se detectó una zona local de suelos cúpricos, adosada a los cerros de Lo Prado, cuyo origen debe ser natural. En el valle del Maipo, existe otra localidad en los alrededores de Nos, correspondiente al área de influencia de industrias, de indudable origen antrópico. En este último caso, el cobre está asociado a otros elementos, como molibdeno y plomo.

Independiente del origen del cobre, es lícito suponer la existencia de ciertas áreas donde los cultivos y ganado están siendo limitados por toxicidad del cobre, especialmente si se destinan a cultivos sensibles a dicho metal. Al respecto, debe mencionarse las observaciones en el valle Cachapoal de profesionales que atienden cultivos industriales, como remolacha azucarera, tabaco y maravilla.

En experiencias en macetas, se ha comprobado que el umbral crítico de toxicidad de cobre en suelos de Puchuncaví y del Aconcagua, contaminados por fundiciones, se

*Relativo al hombre.

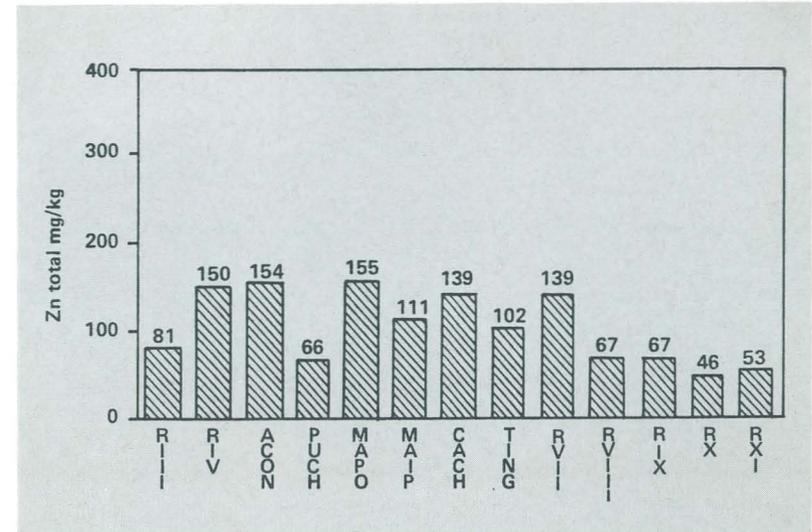


Figura 4. Zinc total en suelos. Promedios por áreas.

ubica en 400 y 600 mg de Zinc total por kg de suelo, respectivamente. rango fue sólo 3,5 veces (156 versus 45 mg/kg).

Cinc

Los valores promedios de cinc por unidad (Figuras 4 y 5) presenta una situación de mayor "normalidad" que la del cobre, en el sentido que es más homogénea; la amplitud de

Se estima que el origen de la carga de cinc en el estrato superficial de los suelos es netamente natural, es decir corresponde a un aporte de los materiales de origen de los suelos, y al influjo de la intensidad de los factores de formación de suelos, espe-

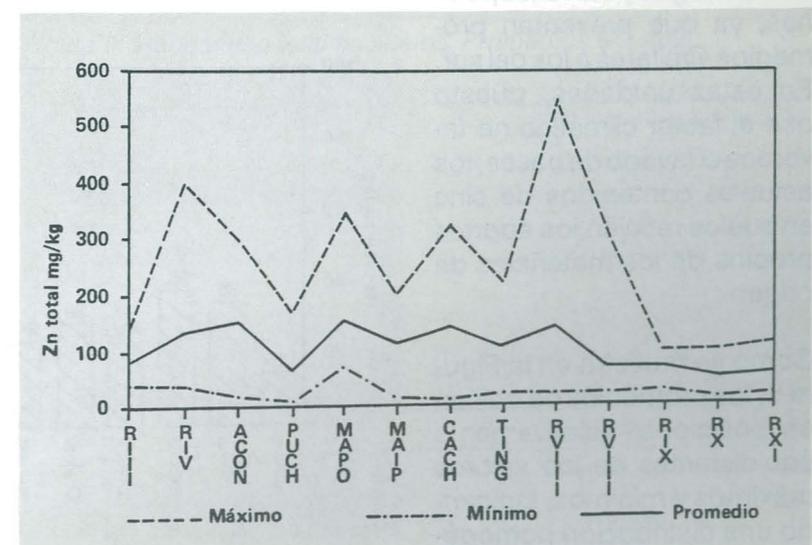


Figura 5. Rangos de Zinc total en suelos. Variaciones locales.



Campo de remolacha afectado por exceso de cobre, Requínoa VI Región. (Foto, gentileza de Ing. Agr. Juan Arenstar de IANSA).

cialmente la pluviosidad. La influencia de las lluvias queda constatada en la tendencia a la disminución de los valores promedios hacia el sur del país.

El valle del río Huasco (III Región) y el sector de Puchuncaví (V Región) son excepciones, ya que presentan promedios similares a los del sur. En estas unidades, puesto que el factor climático no favorece el lavado de bases, los actuales contenidos de cinc en suelos reflejan los aportes propios de los materiales de origen.

Como se muestra en la Figura 5, los promedios se ubican en posiciones relativamente equidistantes de los valores máximos y mínimos, indicando una distribución homogénea del cinc en los suelos.

Las Regiones IV y VII, se exceptúan de la tendencia mencionada; los valores máximos fuertemente alejados de los promedios, señalan la existencia de focos ricos en cinc y no hay antecedentes para asignarles un origen distinto del natural.

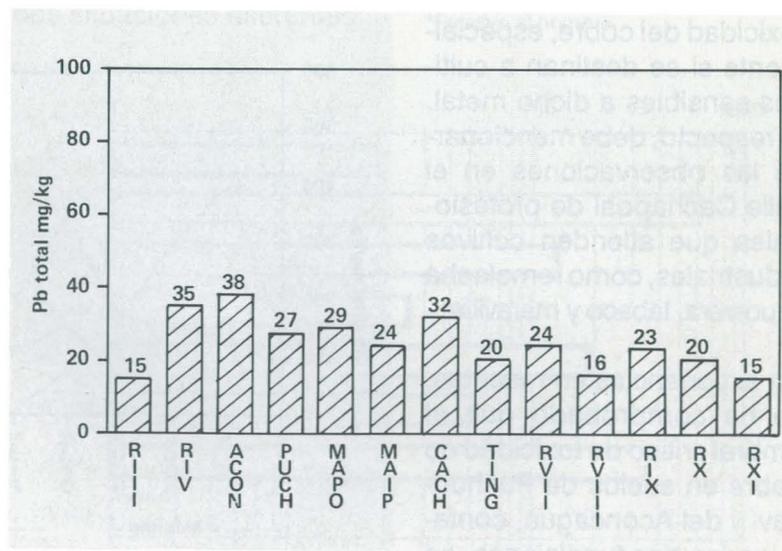


Figura 6. Plomo total en suelos. Promedios por áreas.

Plomo

De las curvas de contenido total de plomo en el horizonte superficial de los suelos (Figuras 6 y 7), se deduce que los promedios de plomo presentan una baja variación entre unidades, siendo la amplitud del rango de 1,8 veces (35 versus 19 mg/kg). Si bien hay una tendencia a promedios menores hacia el sur del país, es más bien difusa y de baja magnitud.

En este caso, no se detectó una relación entre la riqueza en plomo de los suelos y la existencia de yacimientos de plomo; si ese fuera el caso, los mayores contenidos deberían concentrarse en la XI Región, única región desde donde se extrae plomo.

A diferencia del cinc, los valores máximos en cada unidad parecen alejarse significativamente de los respectivos pro-

Manganeso

El equilibrio del manganeso en suelos representa un caso distinto al de los metales ya expuestos, pues muestra una mayor ocurrencia hacia las Regiones del sur (Figuras 8 y 9).

Es muy probable que esta mayor riqueza sea consecuencia directa del vulcanismo aún activo en dichas zonas, como lo demuestran las erupciones del volcán

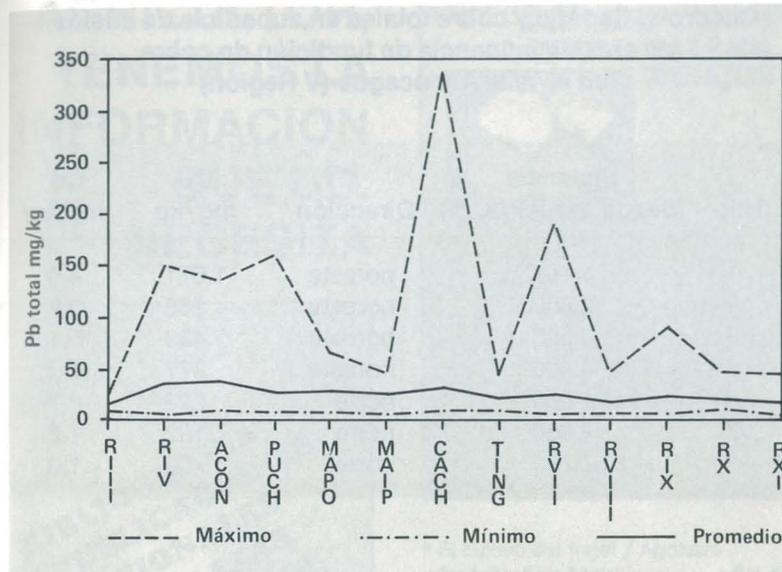


Figura 7. Rangos de Plomo total en suelos. Variaciones locales.

medios, situación que no se da en las Regiones Metropolitana, VI (valle Tinguiririca) y VIII. Ello quiere decir que es posible encontrar sectores con suelos ricos en plomo, pero de reducida magnitud superficial.

En cuanto a su origen, parecen dominar las causas naturales, con excepción del área de Puchuncaví, donde los contenidos mayores de plomo se asocian a contenidos mayores de cobre. En el valle del Maipo, los contenidos máximos alcanzados en el área vecina a industrias, en Nos, de origen antrópico, no alcanzan a desviar significativamente el promedio del valle.

Figura 9. Rango de Manganeso total en suelos. Variaciones locales.

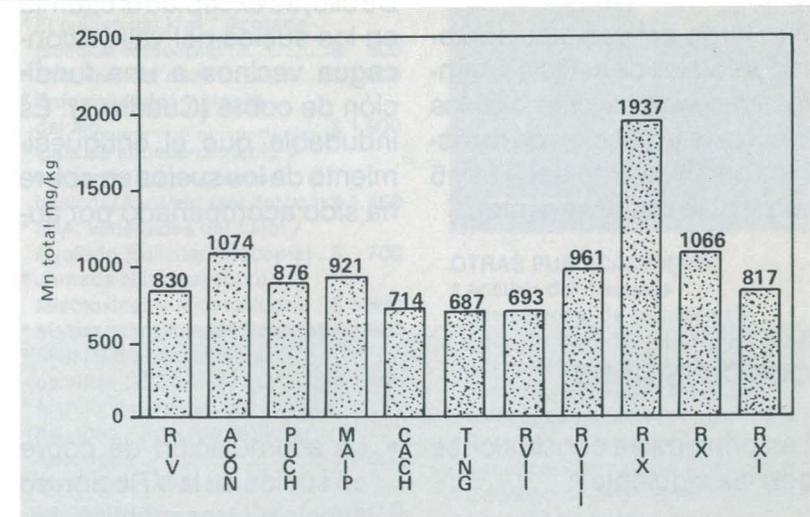
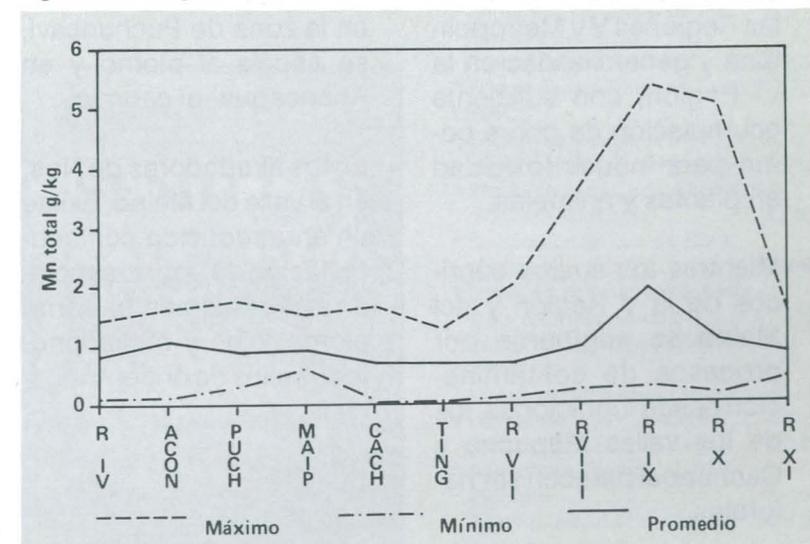


Figura 8. Manganeso total en suelos. Promedios por áreas.



CONTAMINACIÓN: SUELOS

Hudson (XI Región) y del Lonquimay (IX Región).

Las muestras de la IX Región fueron tomadas en 1989, cuando el Volcán Lonquimay estaba aún activo. En apoyo de esta teoría, está el que los valores máximos en las Regiones IX y X sean los máximos nacionales, distanciados fuertemente de los respectivos promedios lo que refleja una situación puntual.

Cadmio y Molibdeno

A lo largo del país, los contenidos totales de estos elementos en suelos cayeron bajo los límites de detección de la técnica analítica empleada (1 y 5 mg/kg, respectivamente).

Cuadro 1. Cadmio y cobre totales en superficie de suelos, en área de influencia de fundición de cobre, en el valle Aconcagua (V Región)

Sitio	Distancia (desde industria, m)	Dirección	Cu mg/kg	Cd mg/kg
1	1.100	noreste	1.571	4,9
2	2.300	noreste	268	3,7
3	3.000	noreste	433	5,1
4	4.400	noreste	377	1,2
5	1.000	norte	222	3,7
7	2.600	norte	192	1,2
12	7.500	norte	96	<1,0

De ello, se exceptúa el cadmio en los suelos del valle Aconcagua vecinos a una fundición de cobre (Cuadro 1). Es indudable que el enriquecimiento de los suelos en cobre ha sido acompañado por au-

mentos de los contenidos totales de cadmio, elemento que a pesar de haberse definido últimamente como esencial para plantas, presenta un alto potencial tóxico y de bioacumulación.

CONCLUSIONES

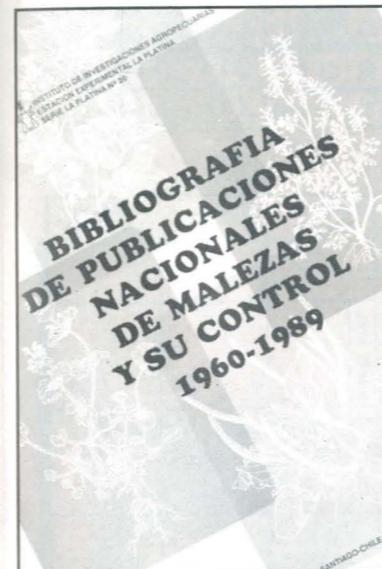
Las principales conclusiones son las siguientes:

- Existen áreas, locales en las Regiones V y Metropolitana y generalizadas en la VI Región, con suficiente acumulación de cobre como para inducir toxicidad en plantas y animales.
- Mientras los suelos cúpricos de la V Región y del Maipo se originaron por procesos de contaminación desde fundiciones, los de los valles Mapocho y Cachapoal parecen ser naturales.

- La acumulación de cobre en suelos de la V Región se asocia a otros metales, señalando un origen común: en la zona de Puchuncaví, se asocia al plomo y en Aconcagua, al cadmio.
- En los alrededores de Nos, en el valle del Maipo, existe un área reducida con acumulación de cobre, asociado a otros elementos como plomo, cinc y molibdeno, todos ellos de origen industrial.

- La riqueza de manganeso en suelos de las Regiones IX y X obedecería a un proceso natural de rejuvenecimiento de la corteza terrestre, por la incorporación reciente de cenizas volcánicas frescas.
- En algunas áreas del país, especialmente en las Regiones del sur, es altamente probable la ocurrencia de casos de cultivos deficitarios en algunos micronutrientes, como cobre y cinc. ●

SEÑOR AGRICULTOR, TENEMOS LA INFORMACION QUE UD. NECESITA

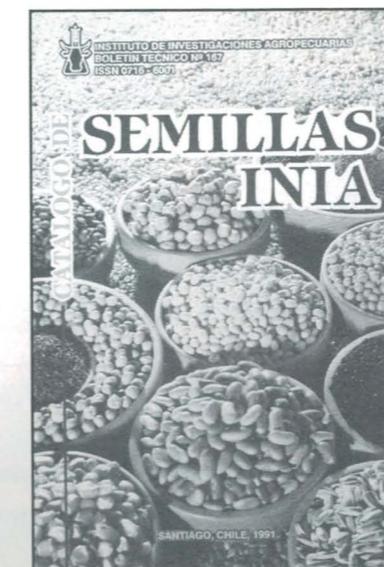


BOLETINES

- * Análisis climático en sectores de la III y IV Región\$ 1.900
- * Arbustos forrajeros\$ 800
- * Balanza rústica - Manual de construcción\$ 1.000
- * Bibliografía de publicaciones nacionales de Malezas y su control. 1960/1989\$ 3.200
- * Bruco del frejol\$ 800
- * Catálogo de variedades de especies frutales / Agotado (solicitar fotocopia)\$ 5.200
- * Centro experimental y demostrativo y almacenaje de granos\$ 2.200
- * Control de Malezas / Agotado (solicitar fotocopia)\$ 2.950
- * Cosecha y procesamiento de ajos\$ 1.900
- * Determinador de humedad en granos - Manual de construcción\$ 1.000
- * Distribución e importancia de los insectos que dañan granos y productos almacenados en Chile / Agotado (sol. fotoc.) ...\$ 2.950
- * El burrito de los frutales y vides / Agotado (solicitar fotocopia)\$ 2.200
- * El cultivo de la cebolla / Agotado (solicitar fotocopia) ..\$ 1.450
- * El cultivo del cerezo / Agotado (solicitar fotocopia)\$ 2.200



- * El cultivo del frejol / Agotado (solicitar fotocopia)\$ 1.450
- * El cultivo del kiwi / Agotado (solicitar fotocopia)\$ 800
- * El cultivo del maíz\$ 1.900
- * Enfermedades y plagas del ajo\$ 1.900
- * Guía de almacenamiento y conservación de granos básicos/Agotado (sol. fotoc.) ..\$ 1.450
- * INIA: variedades del frejol / Agotado (solicitar fotocopia) ..\$ 700
- * Jornada Nacional sobre Micotoxinas y Micotoxicosis ...\$ 5.500
- * Malezas de Chile (3ª Edición) \$ 1.900
- * Manual de conducción de vides (2ª Edición)\$ 1.450
- * Manual de plantación de vides / Agotado (solicitar fotocopia)\$ 1.000
- * Manual de producción de garbanzo\$ 1.650
- * Manual de producción de lenteja\$ 1.650



- * Plagas y enfermedades del frejol / Agotado (solicitar fotocopia)\$ 1.900
- * Sistemas de producción de carne bovina a través de Chile / Agotado (solicitar fotocopia)\$ 3.500
- * Tabla auxiliar química proximal de alimentos / Agotado (solicitar fotocopia) ..\$ 1.900
- * Vid: nematodos y su control / Agotado (solicitar fotocopia) ..\$ 1.450



OTRAS PUBLICACIONES

- * Análisis del mercado internacional de arándanos / Agotado (solicitar fotocopia) ..\$ 1.450
- * Artrópodos y sus enemigos naturales asociados a plantas cultivadas en Chile\$ 4.100
- * Catálogo de recursos genéticos de maíz de Chile\$ 6.500
- * Catálogo de Semillas INIA\$ 4.700
- * Métodos de análisis de suelos / Agotado (solicitar fotocopia) ..\$ 3.750
- * Seminario "Impacto de los Fertilizantes en la Productividad Agrícola"\$ 2.950
- * Primer Curso-Taller de Ajos ..\$ 10.000

LIBROS

- * Economía y organización de la investigación agropecuaria\$ 2.950
 - * Praderas para Chile / Agotado (solicitar fotocopia)\$ 9.000
 - * Suelos Volcánicos de Chile (oferta especial)\$ 6.000
 - * Mapa Agroclimático de Chile (con set mapas a color)\$ 12.000
- Estos precios incluyen IVA.

REVISTAS

- * Investigación y Progreso Agropecuario La Platina, 1991: Ejemplar\$ 1.100
 - Suscrip. anual (6 números)\$ 5.800
 - * Agricultura Técnica, 1991: Ejemplar\$ 900
 - Suscrip. anual (4 números)\$ 4.500
- Nota:** Los suscriptores de Investigación y Progreso Agropecuario La Platina tendrán un 20% de descuento en los Boletines mencionados.