

LAS HOJAS DE PINO COMO SISTEMA DE BIOMONITOREO PARA ESCALAS REGIONALES Y GLOBALES

1. Patrones de inmisión de metales pesados aéreos y bioelementos en las regiones de Mendoza y Leipzig-Halle

WEISSFLOG, L., GANTUZ, M., WENZEL, K.-D., PFENNIGSDORFF, A., SCHÜÜRMAN, G.

1. Introducción

Los bioindicadores conforman una herramienta importante para la evaluación de la calidad de los compartimentos de la biósfera y permiten la observación de desarrollos a largo plazo en ecosistemas, como una consecuencia de las actividades antrópicas. Para una vigilancia ecológica de distintos sistemas en nuestro planeta, se han utilizado análisis de metales pesados acumulados en varias especies de la fauna y flora para evaluar el grado de contaminación del suelo y del aire (HERTZ 1991).

Las especies coníferas están diseminadas en muchas partes de nuestro planeta, las hojas aciculares de estos árboles conforman una alternativa interesante para el análisis de patrones de inmisión en nuestro medio ambiente. La capa de crecimiento (wax layer), relativamente inerte, puede acumular una variedad de contaminantes orgánicos y metales pesados (WYTENBACH et al. 1985, WEISSFLOG et al. 1994 a, 1994 b).

En el caso que las tomas biogénicas desde el suelo como así también las lixiviaciones producidas por la lluvia ácida son despreciables, el contenido total de xenobióticos y elementos representan una medida integrada de la concentración promedio en el aire ambiente para el período de tiempo de interés. Aquí, el análisis comparativo de las hojas de pino de diferentes edades ofrece un medio simple para diferenciar entre las tomas provenientes del suelo a través de las raíces y la bioacumulación proveniente del aire.

2. Métodos

2.1 Muestreo

Las dos áreas de biomonitoring se muestran en la figura 1. En Argentina se recogieron muestras de hojas de pino de uno y dos años de edad de las especies siguientes: *Pinus sylvestris* L., *Pinus nigra* L., *Pinus Canadensis* L., en los meses de abril-mayo de 1994.

Estas muestras en Argentina, se tomaron de los siguientes lugares: como sitio de referencia, en Los Andes Argentinos, y en otros dos puntos ubicados en áreas urbanas muy contaminadas de Mendoza, a partir de uno o dos árboles individuales de una edad que va desde los cinco a los veinticinco años. En Alemania las muestras se tomaron de seis puntos en la región de Leipzig-Halle, mientras que se eligieron dos sitios de referencia ubicados en el noreste de Alemania y en

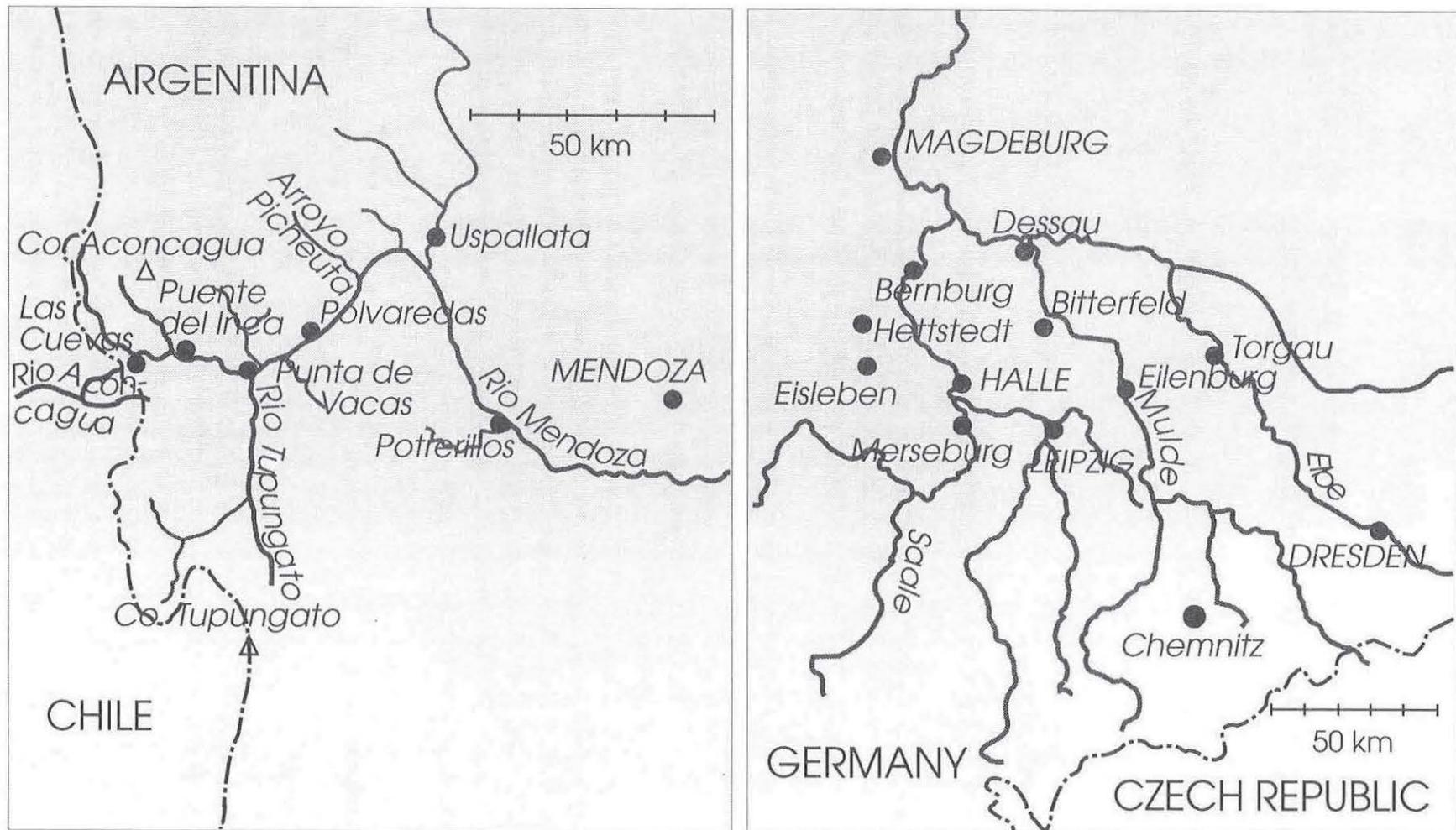


Fig. 1: Situación geográfica de las áreas de biomonitoreo del Gran Mendoza, Argentina (a la izquierda) y Leipzig-Halle, Alemania (a la derecha)

el centro de Alemania, para comparar con las inmisiones de metal pesado en el área de Mendoza. En Alemania las muestras se recogieron de hojas de pino de uno y dos años de edad durante marzo de 1993, provenientes de cuatro a cinco árboles por sitio, siendo la edad de éstos entre siete y doce años. Las hojas de pino se tomaron a una distancia de aproximadamente un centímetro de la ramificación. Para evitar la contaminación de metal en las pruebas, se utilizaron tijeras de cerámica.

2.2 *Procesamiento de las muestras*

Luego del secado de las muestras a 85° C y pulverizado en un molino de ágata, las muestras de pino fueron digeridas con un concentrado de ácido nítrico en un aparato de microonda. El análisis de los elementos fue realizado mediante un espectrómetro ICP-AE, utilizando como material de referencia el NBS estándar 1575 (PFENNIGSDORFF et al.).

3. **Resultados y discusión**

Los rangos de concentración de los trece elementos en las hojas de pinos de Argentina y Alemania, se muestran en la tabla 1.

- Se puede observar que existen grandes diferencias entre las dos áreas para las concentraciones de Pb, Mn, Ca, Fe, Mg.
- Los valores de plomo en el Gran Mendoza exceden a aquellos de la región de Leipzig-Halle en más de un orden de magnitud.
- Esto puede atribuirse al uso de combustible con contenido de plomo en los vehículos a combustión que se utilizan en Argentina. La diferencia entre los niveles de plomo de Argentina y Alemania medidos en las hojas de pino ilustran qué efectivo es el uso del combustible libre de plomo, para la reducción de la contaminación por plomo antrópico en la vegetación terrestre.
- El alto contenido de Ca en las hojas de pino del Gran Mendoza, puede explicarse por la absorción del mismo a través de las raíces, dado el tipo de suelo calcáreo de esta área. Los suelos calcáreos de Alemania y Argentina referidos a los puntos de medición, conducen a un bajo contenido de Mn y baja biodisponibilidad de Mn que se corresponden con el escaso nivel de concentración de Mn en las hojas de pino.
El análisis del componente principal de los valores de concentración promedios del elemento para un sitio individual, puede ser utilizado para discutir el siguiente interrogante: ¿Existen similitudes o disimilitudes de los elementos, y cómo puede ésto estar relacionado a las propiedades específicas de los elementos y de las fuentes de emisión?

El análisis del conjunto de datos de Alemania y Argentina nos conduce a la figura 2.

Tabla 1: Valores de concentración de los elementos [$\mu\text{g}/\text{peso seco (ppm)}$] en las hojas de pino¹

Elemento	Argentina 1994		Alemania 1992	
	Gran Mendoza	Sitios de referencia	Leipzig-Halle	Sitios de referencia
Al				
- suelos calcáreos	390 - 1.070	103 - 289	-	70 - 123
- otros suelos	-	-	300 - 531	218 - 365
Ca	4695 - 12.700	4275 - 12.200	1.637 - 4.526	1.791 - 4.867
Cd	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Cr	0,3 - 2,6	0,3	n. n. - 1,1	n. n.
Cu	3,4 - 8,9	2,4 - 3,4	1,9 - 3,5	1,6 - 2,5
Fe	252 - 962	105 - 329	58 - 360	36 - 185
K	3.315 - 8.060	2.835 - 5.810	3.007 - 5.736	3.720 - 4.877
Mg	963 - 1.925	742 - 1.903	424 - 861	438 - 787
Mn				
- suelos calcáreos	19,2 - 40,8	11,8 - 55,5	15,6 - 26,1	-
- otros suelos	-	-	378 - 1.156	387 - 1.241
Ni	0,5 - 1,2	0,3 - 0,7	0,6 - 1,5	0,5 - 0,7
Pb	3,5 - 37,1	0,3 - 2,8	0,3 - 3,4	0,7 - 1,1
V	0,8 - 2,5	0,3 - 0,8	0,4 - 3,2	0,6 - 1,0
Zn	16,6 - 41,5	11,2 - 19,0	29,9 - 51,7	17,4 - 40,2

¹Las pruebas contienen hojas de pino de uno y dos años de edad de diferentes especies de coníferas (véase también material y métodos). Los límites de comprobación eran de 0,3 ppm. Valores de concentración inferiores se caracterizan como no comprobables (n. c.). Para Al y Mn se dan diferentes datos para ubicaciones con suelos calcáreos y para tales con otros suelos. Estos datos se discuten en el texto.

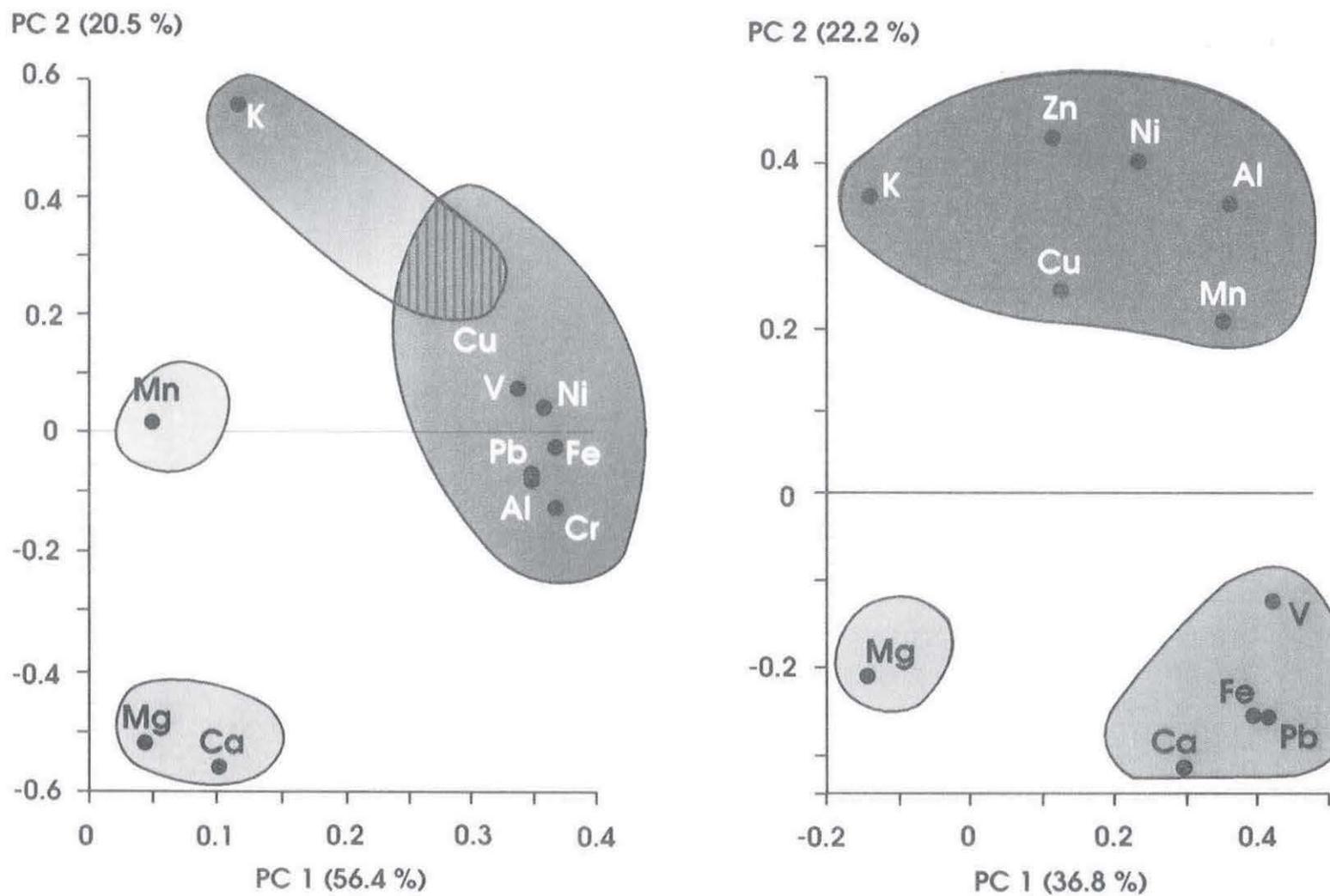


Fig. 2. Influencia de los elementos por los dos primeros componentes principales de las concentraciones de hojas de pino en el Gran Mendoza, Argentina (a la izquierda) y Leipzig-Halle, Alemania (a la derecha). No se valoró Cd a causa de las concentraciones extremadamente bajas. Por las mismas razones, no se consideró Cr en el análisis de los componentes principales de los resultados alemanes.

El patrón de los elementos argentinos consiste de cuatro grupos:

- El Ca y Mg se absorben biogénicamente de los suelos calcáreos en el Gran Mendoza. Este suelo reduce la biodisponibilidad del Mn.
 - El Potasio se absorbe principalmente por las raíces.
 - Los niveles de Zn aparentemente son producto de toma biogénica y de la inmisión de aerosoles debido al escape y fricción vehicular.
- Al, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb y V conforman un grupo de elementos cuyos valores de concentración en las hojas de pino se deben principalmente a la inmisión aérea provenientes de fuentes antrópicas (principalmente por el tráfico y fricción vehicular).

El patrón de los elementos alemanes muestra una cantidad de diferencias interesantes respecto del grupo de elementos argentinos:

- El magnesio, que se absorbe principalmente del suelo, se separa del Ca, el cual ahora pertenece a un grupo de elementos aéreos que provienen de diferentes fuentes antrópicas (cenizas provenientes del carbón marrón vuelan en la región de Leipzig-Halle). De esto, resulta la segunda ruta más importante de entrada de Ca en la vegetación terrestre además de la absorción biogénica.
- Las altas intercorrelaciones de los valores de concentración de Fe, Pb y V indican que fuentes similares antrópicas son las responsables de la toma o absorción de estos elementos.
- El tercer grupo consiste de elementos tales como Al, Cu, K, Mn, Ni y Zn, los cuales se originan tanto por fuentes biogénicas como antrópicas. Con todos estos elementos, la lixiviación debida a la lluvia ácida podría ser un camino importante de eliminación.

4. Conclusiones

- La bioindicación de patrones de inmisión de metales pesados por medio de hojas de pino, resulta ser una herramienta adecuada para estimar la calidad de aire promediada e integrada en el tiempo en una escala regional.
- La aplicación del análisis del componente principal, releva distintas características de los perfiles de los elementos presentes en el aire ambiente, tanto en las coincidencias como en las marcadas diferencias entre las muestras de inmisión, las que pueden referirse a las fuentes antrópicas como así también a las condiciones naturales de las regiones y a los tipos de deposiciones principales.

Agradecimiento

Una parte de estas investigaciones fue realizada en el marco de la cooperación bilateral científico-tecnológica germano-argentina y financiada a través de la Oficina Internacional GKSS y de la SECyT-CONICET (Proyecto ENV.15).

Autores

Ludwig WEISSFLOG, Klaus-Dieter WENZEL, Andrea PFENNIGSDORF, Gerrit SCHÜÜRMAN

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH
Sektion Chemische Ökotoxikologie
04301 Leipzig
Germany

Miguel GANTUZ

Universidad de Mendoza
Instituto para el Estudio del Medio Ambiente
Av. Boulogne
Sur Mer 665
5500 Mendoza
Argentinien

Referencias

HERTZ, J.: (1991). Bioindicators for Monitoring Heavy Metals in the Environment. In: Merian E. (ed) Metal and Their Compounds in the Environment. VCH Weinheim (FRG), pp. 221-231.

PFENNIGSDORFF, A., WIENHOLD, K., WEISSFLOG, L., SCHÜÜRMAN, G.: (1993). Multielementanalyse von Kiefernadeln als Bioindikationssystem - Ergebnisse für Vanadium und Eisen im Raum Leipzig-Halle. In: Dittrich, K., Welz, B. (eds) CANAS '93, Colloquium Analytische Atom-spektroskopie. Universität Leipzig und UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle, Leipzig (FRG), pp. 787-792.

WEISSFLOG, L., WIENHOLD, K., WENZEL, K.-D., SCHÜÜRMAN, G.: (1994a). Ökologische Situation der Region Leipzig-Halle. I: Inmissionsmuster luftgetragener Schwermetalle und Bioelemente. UWSF - Z. Umweltchem. Ökotox. 6:75-80.

WEISSFLOG, L., ROLLE, W., WENZEL, K.-D., KÜHNE, R., SCHÜÜRMAN, G.: (1994b). Ökologische Situation der Region Leipzig-Halle. II. Modellierung der Partikelgröße der Flugstäube. UWSF - Z. Umweltchem. Ökotox. 6:135-138.

WEISSFLOG, L., PALADINI, E., GANTUZ, M., PULIAFITO J. L., PULIAFITO, S., WENZEL, K.-D., SCHÜÜRMAN, G.: (1994). Inmission patterns of airborne pollutants in Argentina and Germany - I. First results of a heavy metal biomonitoring. Fresenius Environ. Bull. 3:728-733.

WYTTENBACH, A., BAJO, S. TOBLER, L., KELLER, TH.: (1985). Major and trace element concentrations in needles of *Picea abies*: levels, distribution functions, correlations and environmental influences. *Plant and Soil* 85:313-325.

Figuras

Figura 1: Situación geográfica de las áreas de biomonitorio del Gran Mendoza, Argentina (a la izquierda) y Leipzig-Halle, Alemania (a la derecha).

Figura 2: Influencia de los elementos por los dos primeros componentes principales de las concentraciones de hojas de pino en el Gran Mendoza, Argentina (a la izquierda) y Leipzig-Halle, Alemania (a la derecha). No se valoró Cd a causa de las concentraciones extremadamente bajas. Por las mismas razones, no se consideró Cr en el análisis de los componentes principales de los resultados alemanes.

Nr. 3/1997

Regionalökologie

Tagungsbericht und wissenschaftliche
Beiträge des Deutsch-Argentinischen
Workshops
Mendoza - Argentinien

Brigitte Großer (Hrsg.)