

Influencia del material geológico y detección de anomalías en el contenido de metales pesados en horizontes superficiales de suelos de la Provincia de A Coruña

Influence of geological material and about content of heavy metals in superficial horizons of La Coruña soils

MACIAS, F.; VEIGA VILA, A.; CALVO DE ANTA, R.

Los contenidos totales de Cr, Ni, Cu, Zn, Pb, Co y Mn en horizontes superficiales de suelos desarrollados sobre diferentes materiales geológicos de la provincia de La Coruña, ponen de manifiesto la importancia del factor litológico respecto a los aportes de origen antrópico. Los suelos sobre rocas ultramáficas y máficas muestran contenidos de Cr, Ni y Cu que superan en muchas ocasiones los umbrales considerados de fitotoxicidad por diferentes autores. Le siguen los esquistos ricos en biotita, mientras que sobre granitos y pizarras se obtienen los valores medios más bajos. Los resultados obtenidos permiten realizar una primera aproximación acerca de la «aptitud» de los suelos de cultivo como receptores de lodos residuales.

Palabras clave: Metales pesados, suelos, materiales geológicos.

The total contents of Cr, Ni, Cu, Zn, Pb, Co and Mn in superficial horizons of soils that are developed on different geological materials of La Coruña region (Spain), reveal the importance of the lithologic factor with respect to the contribution of anthropic origin. The soils on ultramafic and mafic rocks show contents of Cr, Ni and Cu that are many times higher than threshold considered phytotoxic by different authors. These are followed by the schists, rich in biotite, while the lowest average values are obtained on granites and slates. The obtained results allow a first approach about the «attitude» of the cultivable soils as receptore of waste sludge.

Key words: Heavy metals, soils, geological materials.

INTRODUCCION

Uno de los temas de mayor impacto de los últimos años es el creciente incremento de la presencia y actividad de metales pesados en la biosfera que pueden ocasionar graves problemas de toxicidad al producirse su bioacumulación a través de la cadena trófica. Se desconocen las consecuencias que elevados contenidos de estos metales puedan tener sobre la herencia genética de los diferentes organismos.

En condiciones naturales, los metales pesados existentes en el sustrato geológico son incorporados a los ciclos biogeoquímicos a través de los procesos de edafogénesis, especialmente de la alteración de los minerales primarios, la formación de la fracción coloidal y del complejo arcillo-húmico. De esta forma, allí donde existe una anomalía de concentración de metales pesados en el material geológico puede reconocerse por la presencia de anomalías en los suelos, sedimentos y organismos del entorno, constituyendo un importante método de detección geoquímica de los indicios mineros.

Sin embargo, en ocasiones, las anomalías han sido producidas por las actividades de las sociedades modernas, minería, industria, transporte..., que han originado un incremento de las aportaciones externas a los horizontes superficiales, de mayor acidez y actividad biótica, con lo cual el riesgo de introducción en los ciclos vitales es mucho más elevado. Ante esta situación en todos los países industrializados y, concretamente en la CEE, se han iniciado planes que intentan conocer:

—Los niveles de referencia de los diferentes metales pesados en condiciones naturales y su variabilidad en función de la naturaleza del material geológico, tipo de edafogénesis e historia de su utilización.

—Los posibles aportes externos de metales pesados.

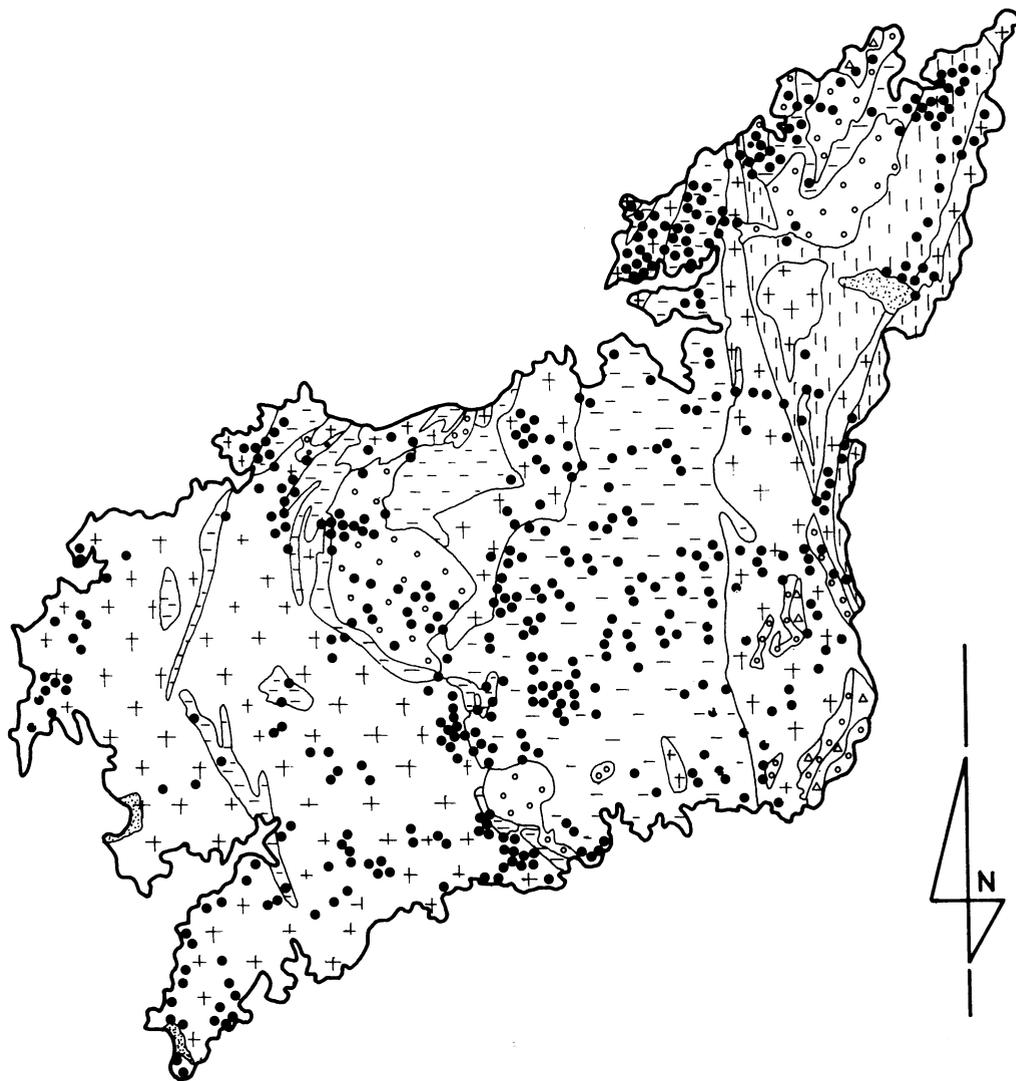
—Las tendencias de evolución de estos

elementos y su movilidad biogeoquímica una vez incorporados a los sistemas edáficos.

Un estudio que aporte un conocimiento global de todos estos aspectos es, obviamente, complejo, requiriendo un análisis en áreas sometidas a focos puntuales de contaminación, así como el seguimiento de la concentración y biodisponibilidad de los metales pesados aportados por fuentes difusas, en zonas-piloto representativas. En ambos casos se requiere de un estudio previo que permita detectar los rangos de variación y anomalías debidas a la composición del sustrato geológico.

MATERIAL Y METODOS

Este estudio corresponde a la primera fase de trabajo de un amplio proyecto en el que se pretende identificar las zonas sometidas a impacto por metales pesados como consecuencia de las actividades humanas y controlar la movilidad geoquímica y los riesgos de bioacumulación en diferentes ambientes. Se han analizado más de 500 muestras de la capa arable de suelos de la provincia de La Coruña desarrollados sobre los principales tipos litológicos (serpentinitas, gabros, anfibolitas, granitos, esquistos, pizarras y sedimentos aluviales, diferenciando tres tipos de uso: cultivos, praderas y terrenos con vegetación «a monte» en la que se incluyen tanto suelos intensamente arbolados como suelos con matorral. En estudios anteriores, otros autores han realizado el análisis del contenido en metales pesados en rocas y/o en los horizontes C (GUITIAN *et al.*, 1992). La localización de los puntos de muestreo se encuentra en la Fig. 1. El contenido total de los elementos Cr, Cu, Zn, Pb, Fe, Co, Mn y, en algunos casos Ni, se determinó por espectrofotometría de absorción atómica previa disolución de las muestras en horno microondas (CEM).



- | | |
|--|---|
|  ROCAS GRANITICAS Y ESQUISTOS RICOS EN CUARZO |  ROCAS BASICAS |
|  ESQUISTOS Y GNEISES BASICOS |  ROCAS ULTRABASICAS SERPENTINIZADAS |
|  PIZARRAS FILITAS Y CUARCITAS |  SEDIMENTOS |

Fig. 1. LOCALIZACION DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Fig. 1. Localización de los puntos de muestreo.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se presentan los valores de la mediana y los rangos de variación en el contenido de metales pesados de los horizontes superficiales estudiados. Los resultados obtenidos siguen en líneas generales una distribución lógica según la naturaleza del sustrato. Así, el factor litológico de metales pesados en los horizontes superficiales de la provincia. Los valores más elevados se encuentran en las áreas de rocas serpentinizadas, en las que, además de un valor medio alto, se localizan algunos suelos con fuertes anomalías en Cu, Ni y, sobre todo, Cr. Le siguen los medios derivados de rocas máficas (gabros y anfibolitas) y esquistos ricos en biotita, mientras que sobre granitos y pizarras se obtienen los valores medios más bajos. Únicamente en el caso del Pb se invierte esta secuencia (Tabla I).

Respecto al tipo de uso del suelo no se han observado diferencias significativas con el incremento de la intensidad del uso agronómico (monte-pradera-cultivos), lo que

pone de manifiesto la escasa importancia de las aportaciones de fertilizantes y/o biocidas en las zonas rurales de la provincia, si bien el muestreo ha evitado las áreas cultivadas próximas a núcleos urbanos e industriales en los que es posible que se encuentren niveles más elevados de estos elementos.

Riesgos de fitotoxicidad. A pesar de que la biodisponibilidad de los metales pesados, y por tanto su fitotoxicidad, puede variar entre amplios límites según las especies presentes en respuesta a las condiciones del medio (Eh, pH, contenido de complejantes, dinámica del agua,...), la mayoría de los autores consideran que la existencia de concentraciones elevadas de uno o varios metales pesados debe ser considerada por sí misma un riesgo potencial, con independencia de la forma en que se encuentre. Diferentes autores (KOVALSKIY, 1974; KLOKE, 1979; KITAGISHI y YAMANE, 1981; KABATA-PENDIAS y PENDIAS, 1989; GUPTA, 1989...) han presentando valores de la concentración total que pueden ser considerados fitotóxicos. De todas formas,

TABLA I. Valores de la mediana y rangos de variación de metales pesados (en mg.Kg⁻¹) en epidedones de suelos sobre diferentes materiales geológicos de la provincia de La Coruña (mg Kg⁻¹.(): n.º de muestras) (n.d.: no determinado).

	Granitos (172)	Esquistos (205)	Anfibol. (38)	Gabros (20)	Pizarras (17)	Serpent. (36)	Sed.Fluv. (12)
Cu	12(1-75)	26(3-89)	35(5-150)	39(8-73)	23 (8-64)	541 (5-2778)	13(2-40)
Zn	44(5-133)	58(22-132)	61(21-129)	83(36-159)	37 (11-63)	n.d.	45(15-106)
Ni	27(10-1575)	40(7-1500)	60(10-1350)	55(26-100)	30(12-55)	1988(865-2989)	116(6-1125)
Pb	52(10-490)	45(15-565)	40(20-100)	30(15-70)	53(30-75)	n.d.	65(25-295)
Cr	25(3-312)	55(8-294)	121(17-310)	135(50-270)	51(7-84)	6196(547-31815)	49(5-274)
Co	30(10-60)	35(8-105)	43(25-80)	58(30-75)	29(15-45)	n.d.	26(15-35)
Mn	155(100-920)	535(105-2325)	725(100-1705)	1083(400-1435)	197(105-480)	n.d.	254(115-975)

se sabe que incluso superando estos umbrales, no siempre se manifiestan los síntomas de toxicidad debido a condiciones físico-químicas particulares o a diferentes fenómenos de adaptación natural. Del mismo modo, en suelos con niveles inferiores a los propuestos como fitotóxicos, pueden encontrarse situaciones especiales en las que se producen daños sobre alguno de los componentes del sistema. En consecuencia, la comparación del contenido total de metales pesados en los epipedones de los suelos de Galicia con los umbrales de fitotoxicidad (Tabla II) sólo debe considerarse como una primera aproximación al diagnóstico de los riesgos ambientales que, potencialmente, pueden originar estos elementos. Se observa que los valores medios son bajos, inferiores a los umbrales de fitotoxicidad, en la casi totalidad de los materiales, superándose únicamente en los contenidos de algunos elementos en los suelos sobre rocas máficas y ultramáficas. Este es el caso de elementos como el Cr, cuyo valor medio supera el umbral de fitotoxicidad en suelos sobre serpentinitas, gabros y anfibolitas, Ni sobre ser-

pentinitas y anfibolitas, y Cu y Co en serpentinitas y gabros respectivamente. De estos resultados cabe esperar que, en líneas generales, la influencia negativa de los metales pesados sea muy baja en casi todos los suelos y que únicamente los formados en los materiales antes citados podrían llegar a ocasionar situaciones negativas para las plantas en zonas extensas. En todo caso, la definición precisa del grado de impacto exige, como ya se ha dicho, estudios más minuciosos de la especiación de los metales (CALVO DE ANTA *et al.*, 1987).

Si en vez de utilizar los valores medios se analizan los máximos encontrados se observa que, sea cual sea el material geológico, pueden encontrarse niveles superiores a los de fitotoxicidad. Así, en áreas de granitos, esquistos y sedimentos fluviales se han encontrado suelos con valores muy elevados de Ni, Pb y Cr y sólo en las áreas de pizarras los análisis no han permitido detectar ninguna situación que supere los umbrales de fitotoxicidad. Sin duda, en algunos casos, estas anomalías se explican por causas naturales como la presencia en zonas mineralizadas,

TABLA II. Comparación de los contenidos de metales pesados (medias y máximos) en horizontes superficiales de suelos de la provincia de La Coruña con los umbrales de fitotoxicidad (datos en mg.Kg⁻¹).

Nº	Fitotoxicidad	Granitos (172)	Esquistos (205)	Anfibol. (38)	Gabros (20)	Pizarras (17)	Serpent. (36)	Sed. Fluv. (12)
Cu	>100	12 (75)	26 (89)	35 (150)	39 (73)	23 (64)	541 (2778)	13 (40)
Zn	>300	44 (133)	58 (132)	61 (129)	83 (159)	37 (63)	n.d.	45 (106)
Ni	>100	27 (1575)	40 (1500)	60 (1350)	55 (100)	30 (55)	1988(2989)	116 (1125)
Pb	>200	52 (490)	45 (565)	40 (100)	30 (70)	53 (75)	n.d.	65 (295)
Cr	>100	25 (312)	55 (294)	121 (310)	135 (270)	51 (84)	6196(31815)	49 (274)
Co	>50	30 (60)	35 (105)	43 (80)	58 (75)	29 (45)	n.d.	26 (35)
Mn	>2000	155 (920)	535 (2325)	725(1705)	1083(1435)	197(480)	n.d.	254 (975)

pero lo más frecuente es que se trate de situaciones de contaminación antrópica. En este sentido, el hecho de que en las áreas de pizarras de la provincia, que son las más alejadas de las zonas urbanas y de las infraestructuras viarias y, al mismo tiempo, las de menor presión de utilización agronómica, no se haya detectado ningún valor elevado parece confirmar la hipótesis del origen externo.

Posibilidad de incorporación de «lodos residuales» a los suelos.

En los países de mayor grado de industrialización es frecuente la existencia de importantes cantidades de «lodos» y otros productos residuales que pueden ser incorporados a los suelos con el objetivo de reciclar importantes cantidades de nutrientes a través de la vegetación, enmendar determinadas deficiencias de los suelos y, al mismo tiempo, aprovechar su capacidad de depuración para eliminar productos que podrían ocasionar el deterioro de otros sistemas más sensibles, fundamentalmente los acuáticos.

Las experiencias realizadas han tenido resultados contradictorios. Si se conoce adecuadamente la naturaleza de los residuos y, sobre todo, se respeta la capacidad de depuración y almacenamiento de los suelos, las adiciones suelen ser favorables. No obstante, en ocasiones, especialmente en áreas industrializadas o de agriculturas o ganaderías intensivas, han surgido determinados problemas tras la aplicación indiscriminada de estos productos. Una de las consecuencias más negativas se produce por el aporte a suelos de cultivo de cantidades excesivas de lodos enriquecidos en metales pesados, con lo que se alcanzan altas concentraciones de estos elementos que pueden pasar a los alimentos y a las aguas freáticas. Para evitar estas situaciones se han establecido varias di-

rectivas, regulando el Real Decreto 1310/1990 de 29 de Octubre (BOE N.º 262 de 1 de Noviembre de 1990) la incorporación a suelos cultivados de estos lodos o residuos. En esta normativa, se describen los contenidos máximos de metales pesados que pueden encontrarse en los residuos para que puedan ser susceptibles de incorporación a los suelos. En segundo lugar, se establecen los contenidos máximos de metales pesados que puede tener un suelo para poder ser considerado como «sistema receptor de residuos» y, finalmente, se fijan las cantidades máximas que pueden incorporarse por año y unidad de superficie.

El análisis del suelo debe realizarse en la capa superficial, por lo que los datos obtenidos en este estudio pueden permitir una primera aproximación acerca de qué suelos de la provincia de La Coruña (suponiendo su uso para cultivo) pueden cumplir o incumplir más frecuentemente las exigencias de la normativa vigente. En la Tabla III, se comparan los valores máximos admitidos con los valores medios y máximos encontrados para cada material. Se observan que las áreas de gabros, anfíbolitas y serpentinitas deben desecharse, en principio para este tipo de utilización ya que sus contenidos medios de Ni y Cr superan siempre los límites definidos por la legislación. Algo similar podría decirse de los suelos derivados de materiales sedimentarios, si bien el escaso número de muestras analizadas impide realizar conclusiones definitivas. Los suelos sobre esquistos biotíticos, y en menor medida los de granitos, pueden tener en ocasiones cantidades excesivas de algún elemento (sobre todo Ni y Pb), pero por término medio podrían ser adecuados. Finalmente, sobre pizarras prácticamente siempre se cumplen los niveles deseables para los suelos receptores de lodos residuales.

TABLA III. Comparación de los contenidos de metales pesados (mediana y máximos) en horizontes superficiales) de suelos de la provincia de La Coruña con los valores máximos permitidos para la incorporación de lodos residuales en suelos cultivados (datos en mg.Kg⁻¹).

	Suelos prohibidos		Granitos	Esquistos	Anfibol.	Gabros	Pizarras	Serpent.	Sed. Fluv.
	pH<7	pH>7	(172)	(205)	(38)	(20)	(17)	(36)	(12)
Cu	50	210	12 (75)	26 (89)	35 (150)	39 (73)	23 (64)	541 (2778)	13 (40)
Zn	150	450	44 (133)	58 (132)	61 (129)	83 (159)	37 (63)	n.d.	45(106)
Ni	30	112	27 (1575)	40(1500)	60 (1350)	55(100)	30(55)	1988(2989)	116(1125)
Pb	50	300	52 (490)	45(565)	40(100)	30(70)	53(75)	n.d.	65 (295)
Cr	100	150	25(312)	55(294)	121(310)	135(270)	51(84)	6196(31815)	49 (274)

BIBLIOGRAFIA

- CALVO DE ANTA, R.; ALVAREZ RODRIGUEZ, E. y LOPEZ MOSQUERA, E. (1987). Primeros datos sobre la especiación de Cr, Ni y Cu existentes en suelos serpentínicos de Galicia. En: El Suelo: Fertilidad y Fertilizantes. *EFCE. Publ. Series*, 68, 151-158.
- GUITIAN, F. *et al.* (1992). Atlas Geoquímico de Galicia. Consellería de Industria. Xunta de Galicia.
- GUPTA, S. K. (1989). Effect of Anthropogenic Contaminated Soils on the Metal Concentration in Plant and Soil Solution. En: *Int. Com. Heavy Metals in the Environment. (Ed. J. P. Vernet)*. Vol. 2, 197-200.
- KABATA-PENDIAS, A. y PENDIAS, H. (1989). Trace Elements in Soils and Plants. *CRC Press*. Fith Printing, 315 pp.
- KITAGHISI, K.; YAMANE, I. (Eds.) (1981). Heavy Metal Pollution in Soils of Japan. *Japan Science Society Press*. Tokio, 302 pp.
- KLOKE, A. (1979). Content of Arsenic, Cadmium, Chromium, Fluorine, Lead, Mercury and Nickel in plants grown on contaminated soil. En: *United Nations-ECE Symposium on Effects of Air-Borne Pollution on Vegetation*, Warsaw, 192 pp.
- KOVALKIY, V. V. (1974). Geochemical Environment, Health and diseases. En: *Trace Subst. Environ. Health*. Vol. 8, Hemphill, D. D., ed., *University of Missouri*, Columbia, Mo., 137 pp.

Recibido, 15-IV-93
Aceptado, 20-VI-93