



Contenido de metales pesados en suelos forestales de Navarra

Juan Ignacio Alonso Martirena
y Ana García Martinicorena*

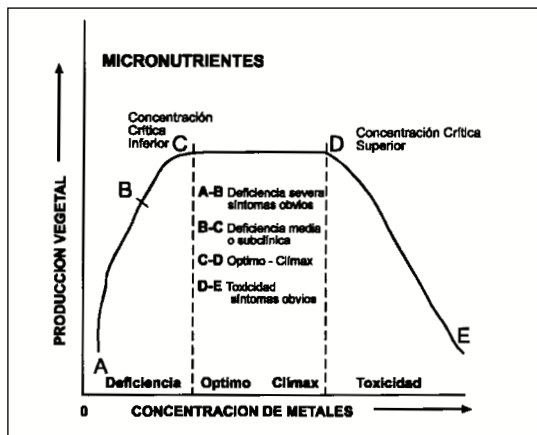
Introducción

El objeto de este estudio es la determinación del contenido actual en metales pesados de los suelos naturales (no cultivados) de Navarra. Concretamente se han analizado los niveles de cadmio, cobre, manganeso, níquel, plomo y zinc.

Se considera metal pesado a aquel elemento que tiene una densidad igual o superior a 5 gr cm^{-3} , o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo a los metales alcalinos y alcalino-térreos).

Algunos metales pesados como el cobre, manganeso, níquel o zinc son necesarios en pequeñas cantidades (son *micronutrientes*) para determinadas reacciones metabólicas de los seres vivos. Sin embargo, estos elementos, denominados *esenciales*, pueden resultar tóxicos para esos mismos seres vivos cuando se encuentran a una mayor concentración. En la siguiente figura se represen-

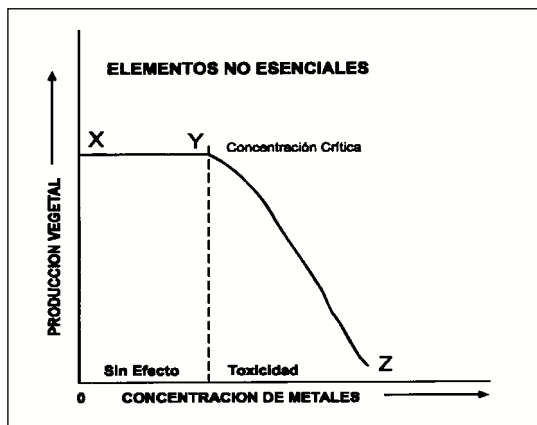
* Pedro I 13 I^odrch. 31007. Pamplona. 948275770
juan-ignacio.alonso@daa.unirioja.es



Influencia de los metales esenciales en la producción vegetal (adaptado de ALLOWAY).

ta el efecto de concentraciones crecientes de los elementos esenciales en la producción vegetal; este comportamiento es similar en el resto de seres vivos.

Otros metales pesados, como el cadmio y el plomo, no son imprescindibles para los seres vivos. Estos elementos se denominan *no esenciales* y son tóxicos a muy bajas concentraciones en el medio. En la siguiente gráfica vemos como el efecto de estos metales no incrementa la produc-



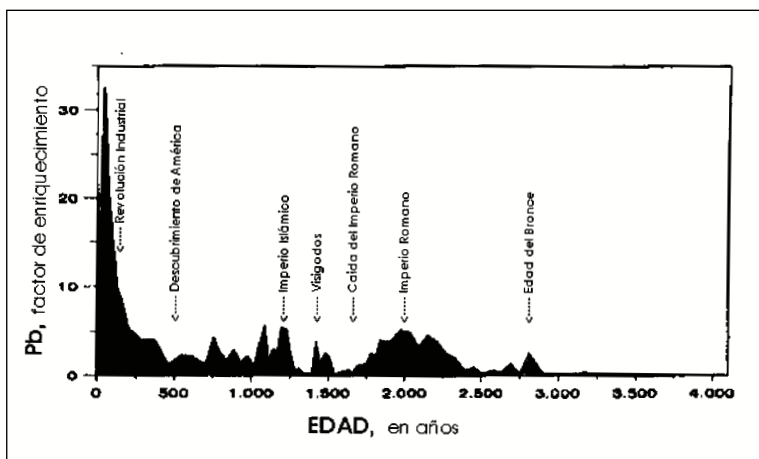
Influencia de los metales no esenciales en la producción vegetal (adaptado de ALLOWAY).

ción y, llegado a un determinado umbral de toxicidad, ésta disminuye drásticamente.

Influencia del hombre en el aumento actual de los metales en el medio

Para ilustrar el efecto de la acción del hombre en la presencia de los metales pesados en los suelos, se muestra como ejemplo la evolución del contenido en plomo en una turbera de Galicia a lo largo de la historia.

La primera contaminación se detecta en las muestras con una antigüedad de unos 2.700-2.300 años y corresponde a la Edad de Bronce.



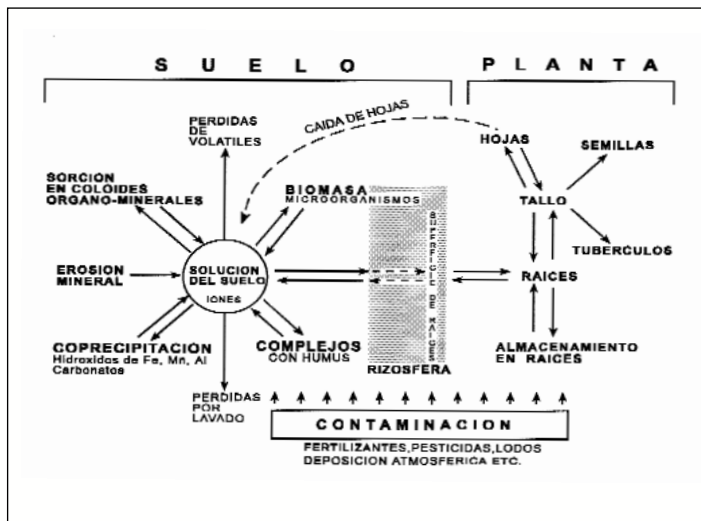
Evolución del contenido en plomo en histosoles (suelos turbosos) de una turbera de Galicia a través de la historia DORRONSORO, C.

La frenética actividad minera que el Imperio Romano desarrolló hace 2.000 años en la Península Ibérica queda muy bien reflejado en la gráfica (la producción de plomo en Iberia representaba el 40% del total mundial).

El siglo XX, con su industria basada en el petróleo, ha provocado unas acumulaciones hasta 35 veces más intensas que las condiciones no contaminantes correspondientes a los periodos prehistóricos de la Edad de Piedra. En fechas muy recientes, la progresiva implantación de las gasolinas sin plomo ha supuesto un decrecimiento de la contaminación por este metal en el suelo.

De manera similar, la concentración del resto de metales pesados en el medio ambiente está alcanzando unos valores bastante preocupantes. Entre las actividades humanas más contaminantes se encuentran:

- Producción de electricidad con carbones o derivados del petróleo.
- Hornos y calderas industriales, comerciales y residenciales.
- Incendios forestales.
- Actividad minera.
- Uso de fertilizantes y fitosanitarios en las actividades agrícolas modernas.



Sistema suelo-planta y factores más influyentes en la dinámica de los metales pesados (adaptado de ALLOWAY).

La forma más común de transporte de los metales liberados en estos y otros procesos es por vía aérea. Los metales pueden de esta forma viajar miles de kilómetros hasta depositarse en el suelo. Por este motivo, cada vez resulta más difícil estimar el contenido original, sin aporte externo, de los metales en un suelo determinado.

El suelo como receptor de los metales

El conjunto de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo lo hacen un sistema clave en los ciclos biogeoquímicos superficiales, en los que actúa como un reactor complejo, capaz de realizar funciones de filtración, descomposición, neutralización, inactivación, almacenamiento, etc. Por todo ello, el suelo es una barrera protectora de otros medios más sensibles, como los hidrológicos y los biológicos. La mayoría de los suelos presentan una elevada capacidad de depuración.

Esta capacidad de depuración tiene un límite diferente para cada situación y para cada suelo. Cuando se alcanza ese límite, el suelo deja de ser eficaz e incluso puede funcionar como una "fuente" de sustancias peligrosas para los organismos que viven en él o de otros medios relacionados.

Los metales que se acumulan en el suelo se van eliminando lentamente por diferentes procesos como el lavado, absorción por las plantas, erosión, etc. La vida media de los metales en condiciones de lixiviación varía según el elemento:

Zn	70	510	años
Cd	13	1100	años
Cu	310	1500	años
Pb	740	5900	años

Aunque los aportes a la biosfera no sean muy elevados, en los suelos se va aumentando su concentración debido a su larga vida media.

Material y métodos

Para el estudio del nivel del contenido de metales pesados en los suelos de Navarra se han analizado 154 muestras distribuidas al azar por toda su geografía. Estos suelos habían sido objeto de análisis de los parámetros edáficos necesarios para la realización del mapa de suelos de Navarra: la capacidad de cambio (C.E.C.), el pH, contenido de materia orgánica, análisis granulométrico, carbonatos, yesos, etc.

Se han seleccionado muestras representativas de la mayoría de tipos de suelo presentes en Navarra. De cada suelo seleccionado, se utilizaron el horizonte más superficial y el más profundo, que en la mayoría de casos son los horizontes A y C respectivamente.

La digestión de las muestras, se ha efectuado de la siguiente manera:

Se pesa 1,000 g de suelo y se añade agua ultrapura de calidad Milli-Q (resistividad < 16MΩ·cm) y 10 ml de ácido nítrico concentrado en un vaso de Teflón de 100 ml. Se calienta y se deja enfriar. Después se añaden 5 ml de nítrico concentrado y 10 ml de ácido perclórico al 70% calentando suavemente para digerir la materia orgánica, observando los humos de evaporación. Más tarde se ataca la muestra con ácido fluorhídrico con el fin de digerir los compuestos inorgánicos. Finalmente se recoge el extracto con ácido clorhídrico diluido y se enrasa con agua de la calidad anteriormente señalada (MULCHI, C.L. 1991).

Para la determinación la técnica seleccionada debe ser compatible con los métodos elegidos para la digestión. También se debe tener en cuenta el número y características de las muestras. La determinación se llevó a cabo por la técnica de espectrometría de emisión atómica por acoplamiento de plasma inducido (ICP-AES). Cada muestra se mide tres veces y el tiempo de integración (duración de cada una de esas medidas) en nuestro caso es de 5 segundos.

Contenido de metales pesados en Navarra

El contenido de los metales pesados estudiados en Navarra tiene unos valores muy similares a los del resto de países industrializados.

Como en el resto de los países industrializados, Navarra presenta un contenido de los metales analizados mayor que la media mundial, excepto en el caso del manganeso

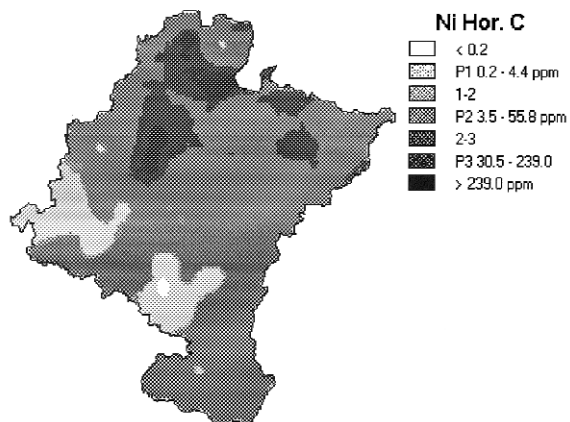
Estos valores en ningún caso superan el umbral crítico de toxicidad, pero es preocupante como progresivamente van aumentando en los países industrializados (debido a su largo periodo de vida media como señalábamos anteriormente).

En la representación de resultados de este estudio se ha utilizado un método estadístico de interpolación denominado Kriging para la realización de mapas de distribución partiendo de valores puntuales. La representación de estos datos interpolados se ha realizado con un programa de Sistema de Información Geográfica (G.I.S.) conocido como IDRISI®.

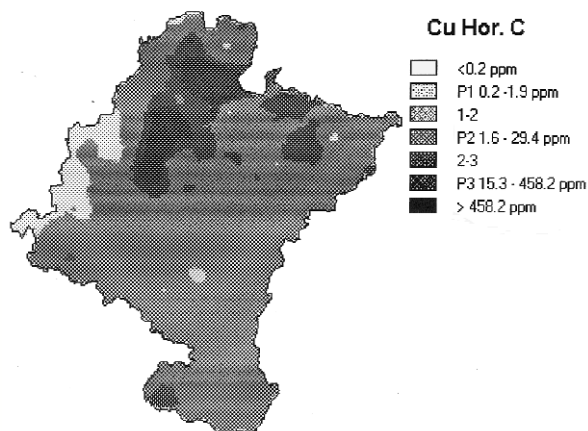
Podemos observar como el origen de cobre, níquel y zinc en los suelos navarros es el material parental o roca madre tanto en los horizontes superficiales como en profundidad. Las zonas de mayor contenido coinciden con los macizos paleozoicos de Quinto Real y las ofitas de la zona norte, extendiéndose algunas manchas sobre materiales diápiricos de Etxauri y Estella.

	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Hor. A	1.0	17.7	349	20.0	33.5	51.5
Hor. C	1.7	15.9	190	20.8	16.7	36.4
España	1.7	14.0	-	28.0	35.0	59.0
Europa	1.2	18.0	325	27.0	39.0	68.0
Mundo	0.3	20.0	545	20.0	10.0	50.0

Contenidos de metales en suelos de Navarra expresados en ppm. Horizonte A o superficial, y horizonte C o en profundidad (ALONSO MARTIRENA, J. I. 1998) Comparación con medias españolas (ADRIANO, D.C: 1992), europeas (ALLO-WAY, B. J. 1990) y mundiales (KABATA-PENDIAS, A. Y PENDIAS, H. 1984).

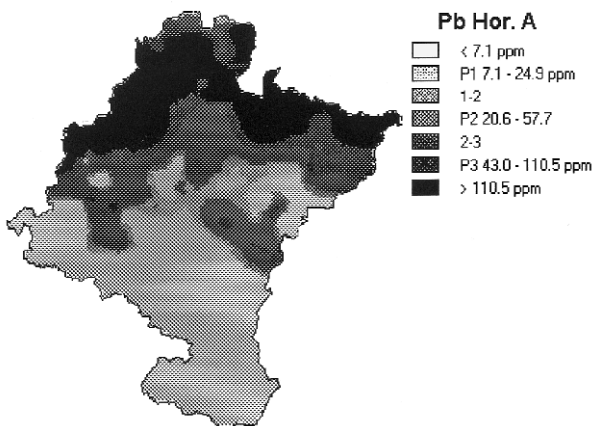


Contenido en profundidad de níquel

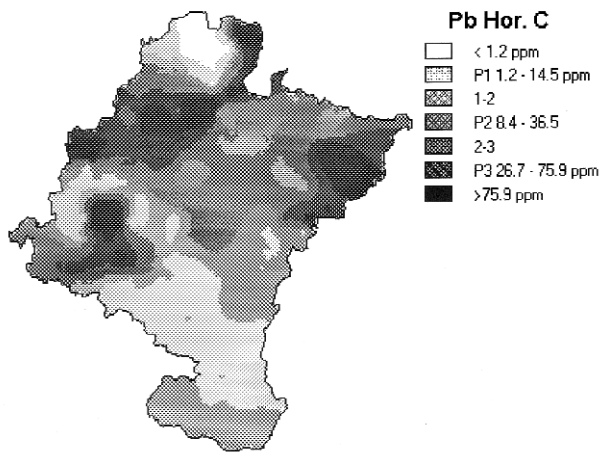


Contenido en profundidad de cobre

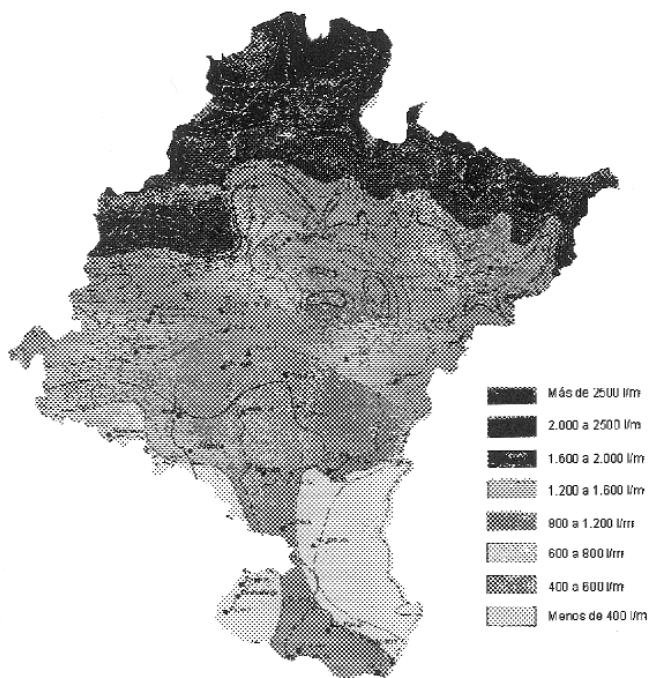
La distribución del plomo en los suelos navarros está condicionada por factores completamente diferentes. Si comparamos el mapa de superficie (horizonte A) y el de profundidad (horizonte C) vemos que existen claras diferencias entre ellos.



Contenido en superficie de plomo



Contenido en profundidad de plomo



Mapa pluviométrico de Navarra. (FLORISTAN, A. 1986)

La distribución del plomo en superficie se asemeja a la de precipitaciones. La fuente principal de plomo en superficie no puede ser, por tanto, la descomposición de la roca y su posterior transformación en suelo (origen endógeno). Su origen parece ser atmosférico y su depósito por medio de las precipitaciones (origen exógeno o antrópico).

Comentario

El estudio de los metales pesados en el suelo es una parte de la Edafología (estudio del suelo) que todavía no está muy desarrollada. La propia edafología es una ciencia muy joven en comparación con otras más asentadas. Sin embargo, debi-

do a la influencia cada vez mayor del hombre sobre el medio, el estudio y control de una parte tan sensible y fundamental para la biosfera se hace cada vez más necesario.

Los contenidos de metales pesados en Navarra están al nivel del resto de países industrializados. No alcanzan en ningún caso valores alarmantes, pero si elevados en comparación con el resto del mundo. El hecho preocupante no es tan sólo el contenido actual sino el progresivo aumento de procesos que aportan metales pesados al suelo y el conocimiento que tenemos de la larga permanencia de éstos en él.

Si sobre el suelo se apoya una gran parte de la pirámide trófica y tarda en formarse cientos de años, su deterioro afectará en el futuro al resto de los seres vivos.

RESUMEN

El objeto del estudio es el conocimiento del contenido de metales pesados en los suelos de Navarra y su distribución a través de mapas. El contenido de Navarra en cadmio, cobre, manganeso, níquel, plomo y zinc está al mismo nivel que el de el resto de países industrializados. En algunos casos como el cadmio y el plomo los valores triplican el contenido mundial pero no alcanzan en ningún caso valores críticos. Para estos metales mencionados el aporte exógeno de origen antrópico parece ser la causa más probable. El aumento de actividades humanas liberadoras de metales que finalmente acaban en los suelos junto con la larga persistencia de estos en él (cientos o miles de años) hace que los valores sin ser altos, son acumulativos y por lo tanto deben de ser objeto de estudio y seguimiento en el tiempo.



Bibliografía

- Adriano, D.C. Biogeochemistry of trace metals. I.S.B.N :0-87371-523-3, (1992).
- Alonso Martirena, J. I. Estudio del contenido y distribución de los metales pesados en suelos de Navarra. Cadmio, cobre, manganeso, níquel, plomo y zinc. Tesis doctoral.(1998)
- Alloway, B.J. Heavy metals in soils. I.S.B.N :0-216-92698, (1990).
- Barragán, E. Oligoelementos en suelos de Navarra. I.S.B.N:84-500-5676-4, (1973).
- Dorronsoro, C. Contaminación de suelos on-line. <http://edafologia.ugr.es>.
- Floristan, A. Gran Atlas de Navarra. I.S.B.N.:84-505-3458-5, C.A.N., (1986).
- Kabata-Pendias, A. y Pendias, H. Trace elements in soils and plants. I.S.B.N :0-8493-6639-9, (1984).
- Mulchi, C.L., Adamu, C.A., Bell, P.F. y Chaney R.L. Residual heavy metal concentrations in sludge-amended coastal plain soils - I. Comparison of extractants. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 22, pp 919-941 (1991).
- Vernet, J.P. Heavy metals in the environment. I S B N:0-444-89064-5, (1997).
- Wild, A. Soils and the environment. An introduction. I.S.B.N :0-521-43280-4, (1993).