

CONTAMINACIÓN POTENCIAL DE SUELOS POR LA DISPERSIÓN SECUNDARIA DE LAS ESCOMBRERAS DE UNA ANTIGUA MINA EN EL ZÓCALO DE LA RAMA OCCIDENTAL DE LA CORDILLERA IBÉRICA (Bubierca-Zaragoza).

A. GUTIÉRREZ MAROTO (*)

J. NAVARRETE (**)

R. GARCÍA GIMÉNEZ (*)

R. JIMÉNEZ BALLESTA (*)

GUTIÉRREZ MAROTO, A; NAVARRETE, J.; GARCÍA GIMÉNEZ, R. & JIMÉNEZ BALLESTA, R.(1996): Contaminación potencial de suelos por la dispersión secundaria de las escombreras de una antigua mina en el zócalo de la rama occidental de la Cordillera Ibérica (Bubierca-Zaragoza). [**Potencial pollution of the soil by secondary dispersion from the rubble dumps of one old mine on the basement of the western branch of the Iberian Massif (Bubierca-Zaragoza. Spain)**]. *Stvd.Geol.Salmant.*, **32**: p. 49-61. Salamanca, 1997-02-28.

(FECHA DE RECEPCIÓN: 1996-07-25) (FECHA DE ADMISIÓN: 1996-12-10)

Key words: Heavy metals, Mining area, Soils, Iberian System.

Palabras clave: Metales pesados, área minera, suelos, sistema ibérico.

(*): Deptº de Química Agrícola, Geología y Geoquímica. Un. Autónoma. Madrid

.(**): Deptº de Cristalografía y Mineralogía. Un. de Salamanca.

RESUMEN: En el Sistema Ibérico existen numerosas minas, escombreras, calicatas, etc., abandonadas, que se comportan como auténticos focos de dispersión y potenciales de contaminación. Para comprobar esta hipótesis se investigan, tomando como foco efluente primario la Mina La Pedraza (Bubierca, Zaragoza), los contenidos en diferentes metales pesados.

Para ello se han analizado 45 muestras de horizontes superficiales de suelos, algunos correspondientes a auténticos aluviones. Los elementos determinados son: Cu, Pb y Zn, elementos presentes en la paragénesis de la mineralización; Cd, con concentraciones por debajo de 2 ppm en todos los suelos y Ba, Cr, Co, Ni. El Cu alcanza valores de fondo entre 26 y 36 ppm, el Zn entre 36 y 60 y el Pb entre 24 y 32 ppm. A partir de estos fondos presentan poblaciones de hasta un 20% para el Cu y Zn y de un 10% para el Pb con anomalías positivas en dichos suelos.

ABSTRACT: There are many abandoned mines, rubble dump, test pits, etc., in the Iberian System that behave as true sources of dispersion and potential sources of pollution. To check this hypothesis, the contents in different heavy metals were investigated, taking the La Pedraza Mine (Bubierca-Zaragoza) as the primary effluent source.

The analysis included 45 samples from surface soil horizons, some of them corresponding to true alluvions. The elements determined were Cu, Pb and Zn, which are elements present in the paragenesis of the mineralization; Cd, with concentrations below 2 ppm in all the soils, and Ba, Cr, Co and Ni. Copper was found reach background values between 26 and 36 ppm; Zn between 36 and 60 and Pb between 24 and 32 ppm. From these background they show populations of up to 20% for Cu and Zn and 10% for Pb with positive anomalies in de soils.

INTRODUCCIÓN

La minería tradicional se realiza mediante labores subterráneas que siguen, de forma artesanal, las mineralizaciones más ricas. Otras veces, se realiza a cielo abierto, de tal modo que con movimientos relativamente pequeños se obtienen igualmente buenos resultados. Sin embargo, el abandono de ambos tipos de explotaciones mineras, sin ningún tipo de rehabilitación, produce impactos negativos en el medio ambiente, provocando la contaminación de los suelos y las aguas, tanto superficiales como subterráneas. La trascendencia de este hecho la cifran MERRINGTON & ALLOWAY (1993), quienes calculan que para el año 2.000 puede haber una extensión de 240.000 km² de territorio afectado por la minería.

JIMÉNEZ (1984), destaca que las escombreras de explotaciones a cielo abierto, además del impacto en el paisaje, por estar desprovistas de vegetación, van a ser fácilmente erosionables, lo que va a provocar una dispersión de materiales, (física y

química) que se acumularán en un entorno más o menos próximo modificando algunas características del suelo. De este modo, se produce una concentración anormal de elementos respecto al fondo geoquímico que, potencialmente, pueden afectar a las plantas de la zona.

Como consecuencia de lo anterior se deducen dos riesgos: el impacto paisajístico y la dispersión mediante procesos físico-químicos. Dispersión en el suelo que actúa como receptor y acumulador, pero que posteriormente puede afectar a las plantas, incrementando el impacto ambiental por la posible biodisponibilidad de estos elementos.

Habida cuenta de que en el Sistema Ibérico existen numerosas minas, escombreras, etc., abandonadas (GUTIÉRREZ *et al.*, 1987) que se comportan como auténticos focos efluentes de dispersión y potencial contaminación, el objetivo de este trabajo es investigar los contenidos en que se encuentran diversos elementos químicos pesados en el área de influencia, considerando el suelo como receptor, valorando el coeficiente de dispersión a partir de un foco: Las escombreras de la Mina La Pedraza (Bubierca-Zaragoza).

Dado que este trabajo forma parte de un proyecto de investigación medio ambiental, no se presenta en el mismo un cuadro geológico exhaustivo en sentido clásico; sólo se describen someramente los rasgos geológicos necesarios en los que se apoya la presente investigación, remitiendo a los trabajos de SCHMITZ (1971) y GUTIÉRREZ (1979) para una mayor profundización en el cuadro geológico general.

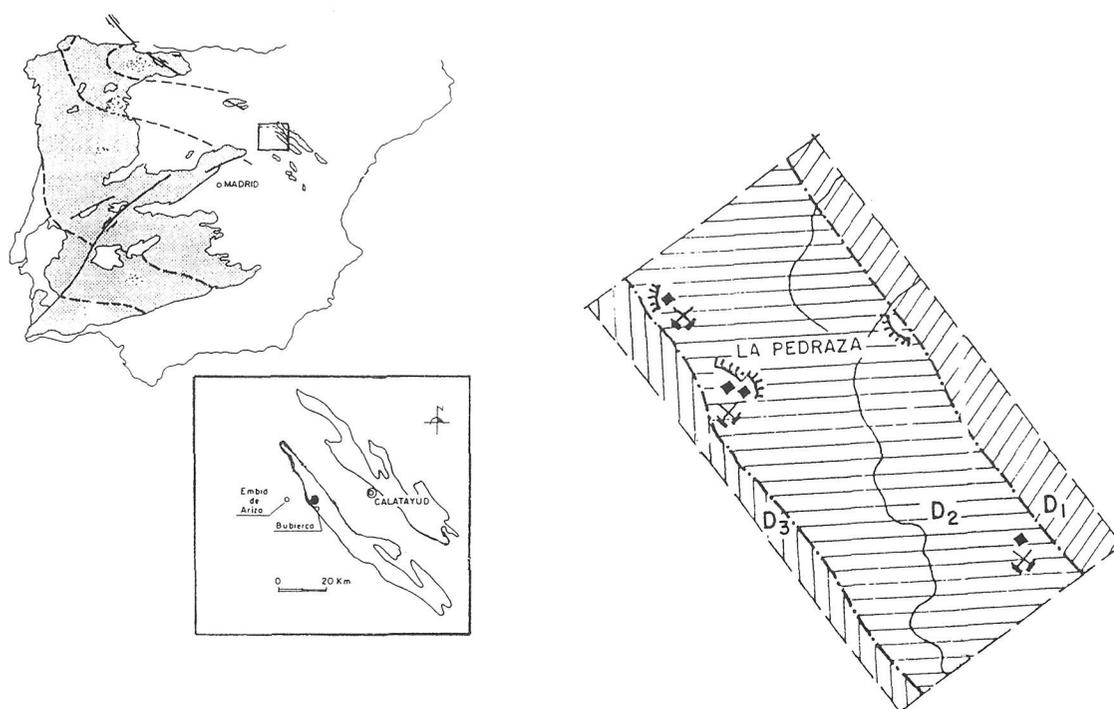


Figura 1. Situación de la zona de estudio.

EL FOCO EFLUENTE

La zona estudiada se sitúa en la rama sur del zócalo de la Ibérica en las formaciones paleozoicas (Cámbrico inferior-Tremadociense). El Sistema Ibérico se dilata en una serie de Sierras, macizos y depresiones de composición litológica y estructura diversas. El zócalo lo componen materiales precámbricos y paleozoicos (pizarras y cuarcitas). Se trata de macizos que componen bloques rígidos con orientación directriz de la cadena.

Estratigráficamente la mina se sitúa en el horizonte DERE del Tremadociense, más exactamente en el subnivel D_2 o en la zona de transición entre los subniveles D_2 / D_3 (SCHMITZ 1971; IGME 1983, GUTIÉRREZ *et al.*, 1987). La mineralización en estas zonas está ligada a una facies pizarrosa, de extensión lateral más o menos amplia dentro de la antigua cuenca de sedimentación. El fenómeno de secreción lateral adquiere gran importancia en las concentraciones de la mineralización que está en relación con pizarras clasificadas, dentro de la serie virtual local, como pizarras areniscosas (micropsammofilitas a psammitas) con intercalaciones de pizarras carbonosas empaquetadas -micropsammofilitas- facies propicia para la mineralización. Los fondos geoquímicos determinados en estas pizarras (GUTIÉRREZ *et al.*, 1987) son, en ppm: Pb 9-29, Cu 27-39, Zn 68-128.

El foco efluente primario, Mina La Pedraza (Bubierca-Zaragoza, (coordenadas U.T.M. 30T 932776, hoja 408 del M.T.N. 1:50000), se sitúa (fig. 1) dentro de una zona enmarcada en el dominio de terrenos paleozoicos que cubre buena parte del sector zaragozano de la Cordillera Ibérica. Morfoestructuralmente son sierras que se extienden como retazos de bloques de zócalo, esculpidos en pizarras y cuarcitas cambrosilúricas, arrasados y sobre elevados durante la orogenia alpina (GUTIÉRREZ, 1979; GUTIÉRREZ & MONSEUR, 1980).

La mineralización principalmente esta constituida por sulfuros de Cu, Pb y Zn y como ganga, cuarzo de exudación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han recogido muestras de modo sistemático en el entorno de las mineralizaciones y escombreras. En la figura 2 se presenta el croquis de dicho muestreo, que se ha llevado a cabo por una parte a lo largo de la red de drenaje y por otra a lo largo de horizontes superficiales de los suelos del entorno de la mina. Ocasionalmente se han muestreado en profundidad los suelos, es decir, tanto en horizontes A, como B y C. Perfil I muestras 46-47(A y B); perfil II muestras 48, 49 y 50 (A, B y C).

La mayoría de dichos suelos son Leptosoles, con escasa profundidad. En condiciones geomorfológicas específicas, como son simples depresiones, se han encontrado Regosoles y Cambisoles.

Para analizar las muestras se han empleado las siguientes técnicas:

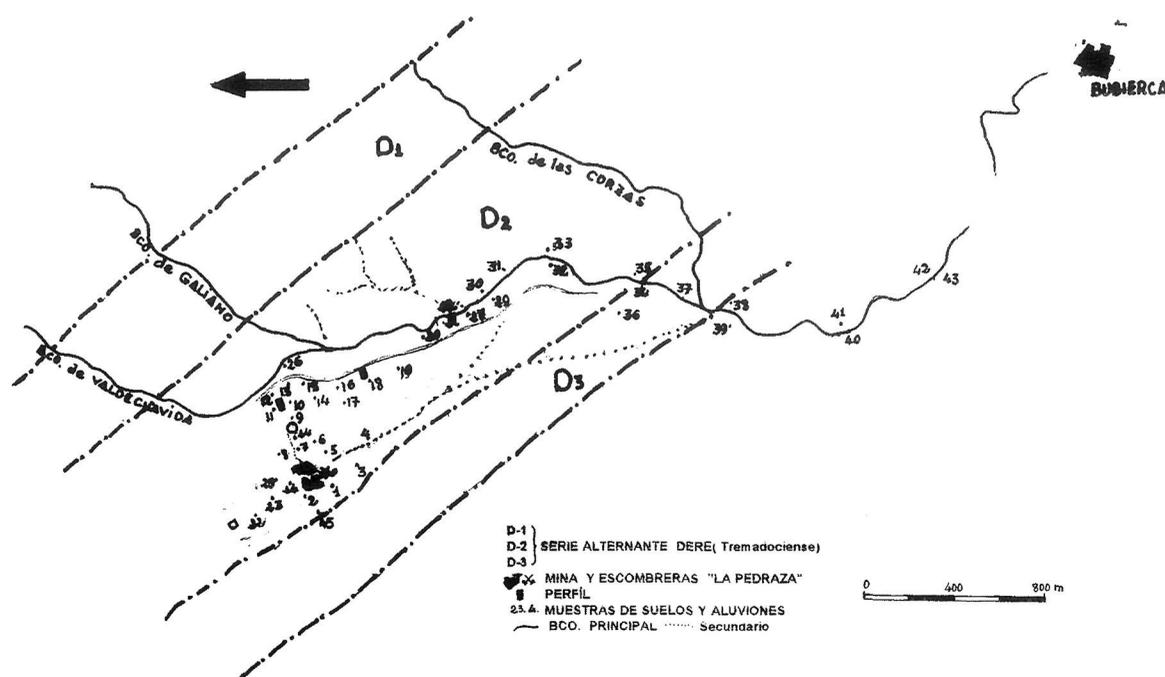


Figura 2. Muestreo de suelos en la mina La Pedraza.

- **Determinaciones de características edáficas:** color (tablas Munsell). pH en agua y en KCl, medidos en una proporción suelo-agua/solución 1:2,5, con electrodo conectado a un pH-metro Orion SA-720. Conductividad en un extracto suelo-agua en la relación 1:5, previa agitación (30 min), en un conductímetro Instran 10. Materia orgánica siguiendo el método de Walkey-Black.

- **Difracción de Rayos X :** análisis mineralógicos semicuantitativos en la fracción < de 2mm. Los diagramas se obtuvieron sobre muestra molida, en difractor Philips PW 1035, empleando cátodo de Cu y los poderes reflectantes de BARAHONA (1974) y SCHULTZ (1964). La fracción arcilla < 2 μm , se separó por centrifugación y se homogeneizó con CaCl_2 2N., obteniendo agregados orientados, que posteriormente fueron glicolados y calcinados a 550 °C durante dos horas (STARKEY *et al.* 1984).

- **Análisis por Plasma: ICP multicanal,** determinando 22 elementos traza y los mayoritarios en suelos.

Mediante una representación lognormal (Rectas de Henry) se ha determinado la distribución de las diferentes poblaciones y la fluctuación del fondo entre los valores de $(\mu-\sigma)$ y $(\mu+\sigma)$. A partir de estos valores se ha establecido la dispersión.

Finalmente se ha empleado el programa SURFER para configurar la representación de dicha dispersión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de los contenidos en los diferentes elementos analizados y considerados, aparecen en las tablas I y II. Así mismo en la tabla III figuran los resultados de los análisis mineralógicos efectuados.

Se ha de tener en cuenta que :

1°.- La aureola de dispersión hasta el fondo geoquímico depende fundamentalmente de:

- la ley en la mineralización,
- la capacidad de retención de los aluviones
- características edáficas del suelo (reactividad química, granulometría, contenido en materia orgánica, etc.), características físico-químicas de las aguas de transporte y tiempo transcurrido, fundamentalmente.

2°.- Los valores de variables regionalizadas siguen una distribución estadística lognormal, es decir: distribución normal de los logaritmos de los valores de una población única. Es la aproximación mayor a la Ley Natural, si bien está formada para valores extremos marcados por la máxima concentración posible y el mínimo establecido por el fondo geoquímico regional, determinado como valor medio de sus fluctuaciones. En el presente trabajo, a partir de la distribución lognormal, dada por las rectas de Henry, cuya pendiente marca la dispersión y tomando la población de un 60% en el Cu; de un 60 % en el Pb y la de un 70% en el Zn como indicadoras de la tendencia de fondo y llevadas a cien, se ha determinado el fondo geoquímico de los elementos pesados que caracteriza la paragénesis de la mineralización (Cu, Pb y Zn)

el fondo para el Cu fluctúa entre 26 y 36 ppm y $(\mu + 2\sigma) = 42$

el fondo para el Pb fluctúa entre 24 y 32 ppm y $(\mu + 2\sigma) = 36$

el fondo para el Zn fluctúa entre 36 y 60 ppm y $(\mu + 2\sigma) = 75$

Las desviaciones y anomalías son relativamente pequeñas con poblaciones de un 20% para el Cu ; 10% para el Pb y de un 15 % para el Zn.(fig. 3)

Las figuras: 4 y 5, muestran la distribución espacial de los elementos. Mientras que el Cu tiene una gran capacidad de dispersión y acumulación migrando a grandes distancias (oxi-hidroxí; “sulfuros”, complejos con la materia orgánica ..) el Pb por el contrario al pasar, por oxidación, de sulfuro a sulfato quedará inmovilizado como se aprecia más claramente en la figura 4b. El Zn va más lejos que el Pb acompañando en parte al Cu si bien con menor capacidad de migración (oxi-hidróxidos, zincatos, sulfato, éste muy soluble).

Como consecuencia, se puede decir que tras la dispersión de los elementos se ha producido un impacto en los suelos del entorno, y en los aluviones de la red hidrográfica. De tal modo que existe una acumulación anormal o dispersión

A.GUTIÉRREZ MAROTO; J.NAVARRETE; R.GARCÍA GIMÉNEZ & R.JIMÉNEZ BALLESTA
 Contaminación potencial de suelos por la dispersión secundaria de las escombreras
 de una antigua mina en el zócalo de la rama occidental de la Cordillera Ibérica (Bubierca-Zaragoza).

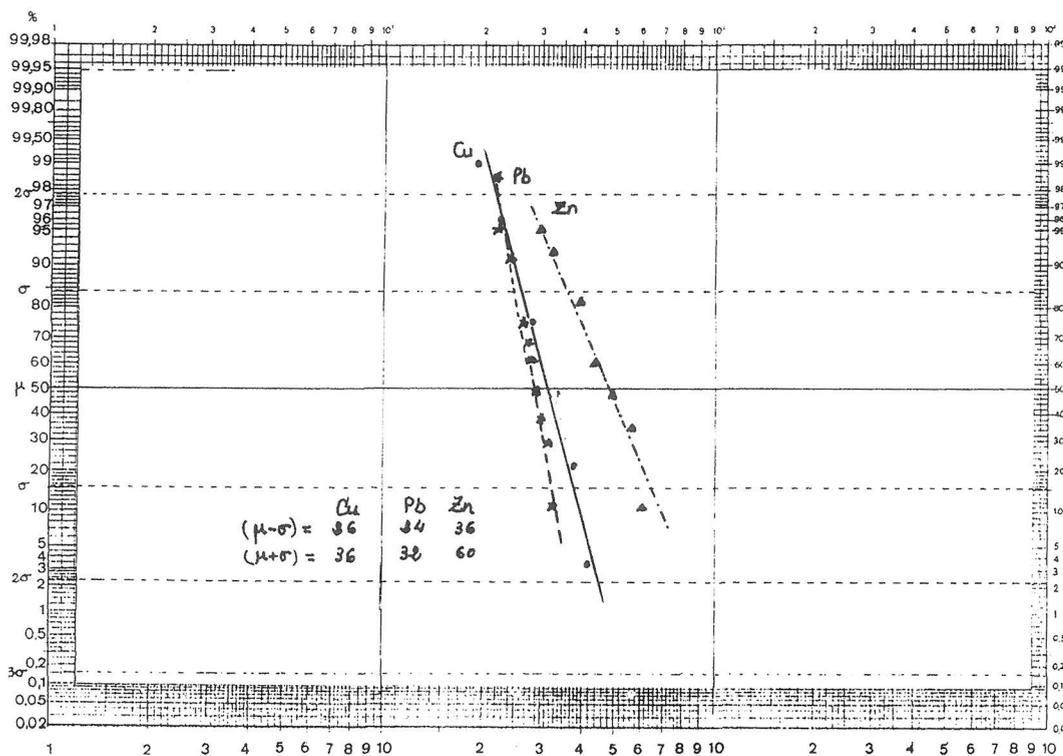
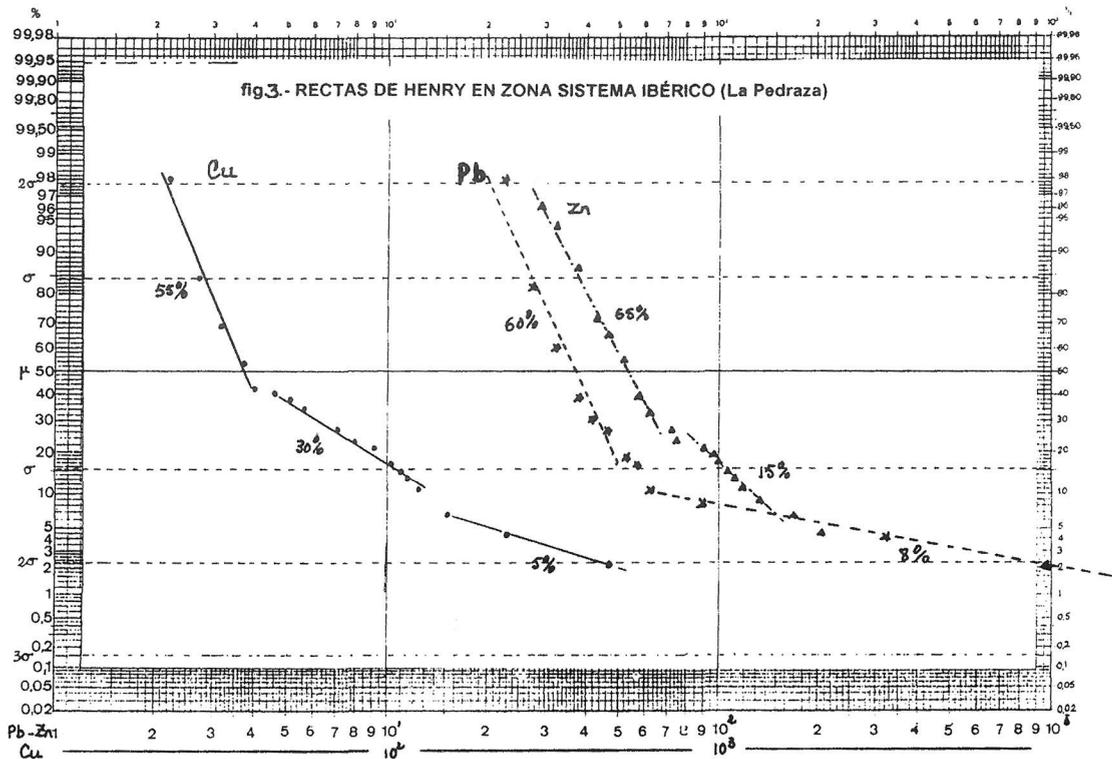


Figura 3. Rectas de Henry en el Sistema Ibérico (Mina La Pedraza)

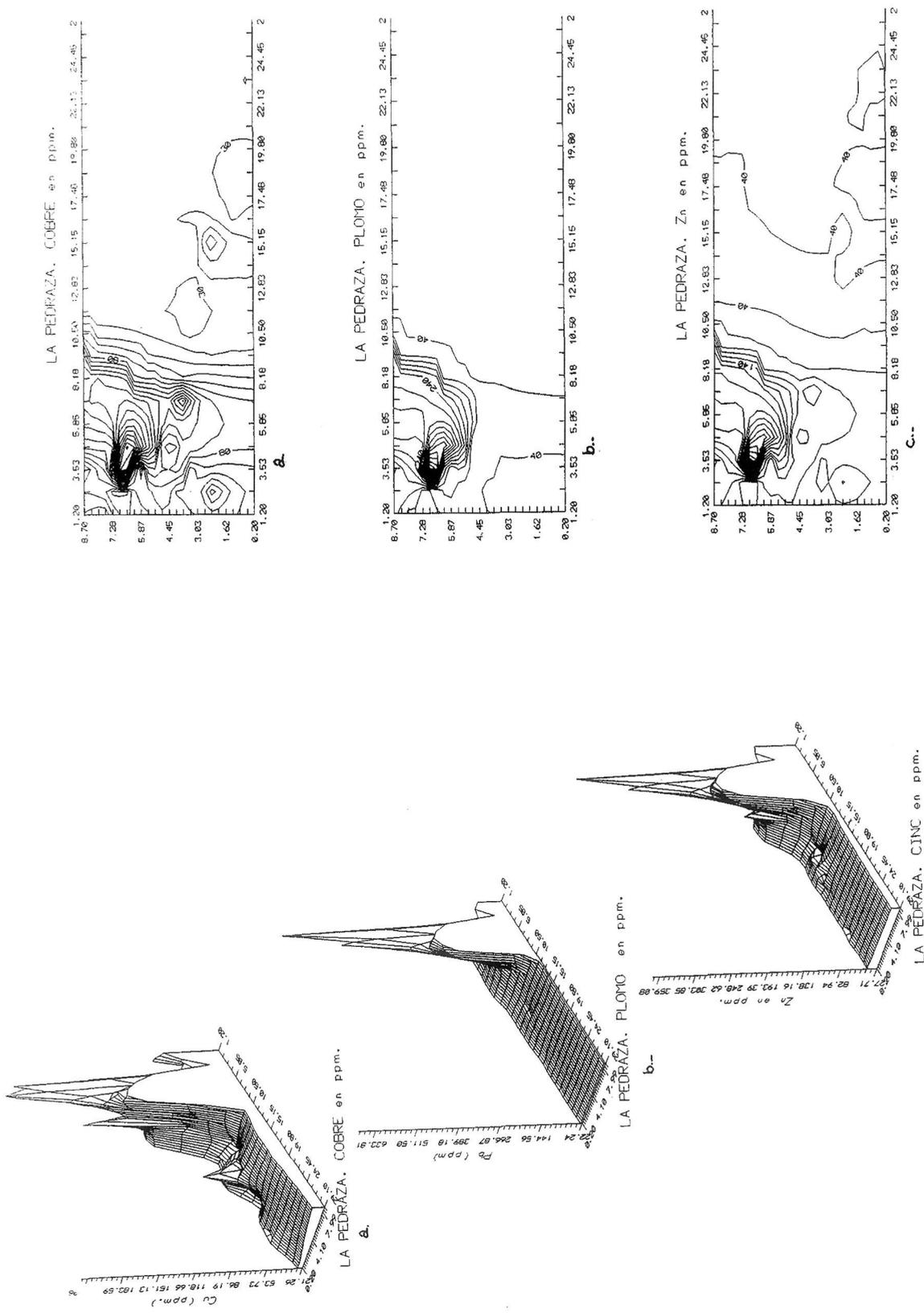


Figura 4.

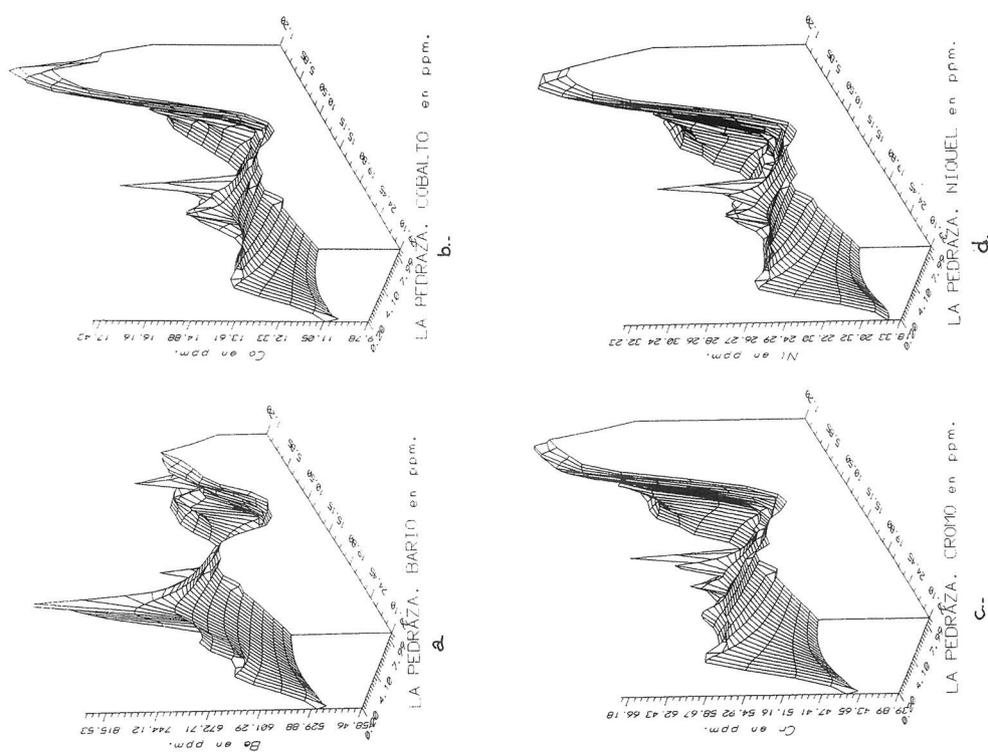
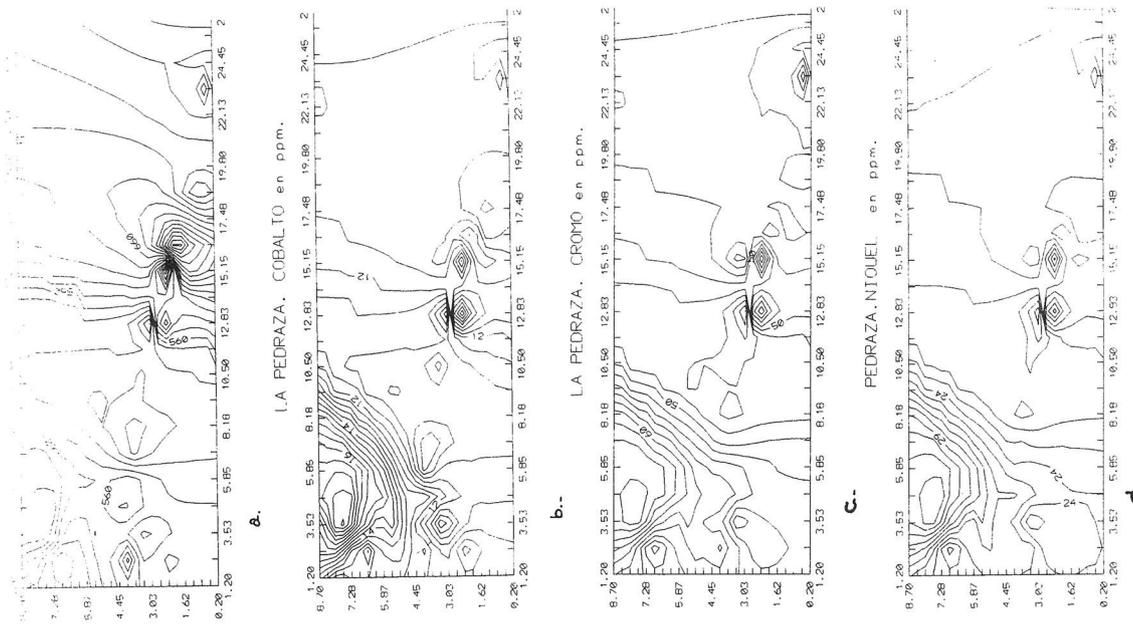


Figura 5.

secundaria superior al fondo geoquímico característico de la zona para algunos elementos. El aporte se ha producido tanto por vía mecánica, como química, procedente de lixiviación de las mineralizaciones y escombreras situadas aguas arriba.

Como factores condicionantes de la dispersión cabe citar:

- **Los pHs, que son moderadamente básicos o neutros** (más del 90% de la población de muestreo presenta valores por encima de 7) (Tabla I).

- **Los contenidos en carbonatos**, a pesar de ser relativamente pequeños, (Tabla III);

- **La materia orgánica**, con valores entre 0,3 y 8%, siendo en un 80% de la población inferior al 5%.

Se ha comprobado que la variación de los fondos geoquímicos, obtenidos en los horizontes superficiales a uno u otro lado de un arroyo, disminuyen bruscamente en relación con la situación donde se encuentra la escombrera, mientras que los aluviones siguen recibiendo y reteniendo las especies o elementos movilizados por las aguas. Por lo cual para evaluar la dispersión y contaminación de suelos y plantas por estos efluentes naturales se debe tener en cuenta el papel inhibitor o barrera de la dispersión que pueden ejercer los medios físicos como arroyos, pendientes, etc.

CONCLUSIONES

A partir de un foco efluente natural (como es la antigua Mina de la Pedraza y su escombrera asociada) se ha encontrado una dispersión de elementos pesados que, aunque limitado por barreras naturales (arroyos, elevaciones, etc.) conlleva acumulación de los mismos. Debido al pH básico o neutro de los suelos, al pobre contenido en materia orgánica y a la presencia de carbonatos, no se han alcanzado niveles notables de contaminación edafológica lo que no descarta una incidencia tóxica en las plantas.

Dado que el proceso químico de dispersión se produce en el tiempo, se debe prever que: el extender una escombrera en el entorno en el que se encuentra, aún cuando se cubra con tierra de cabecera, no evita sino más bien acelera la dispersión química. De este modo se recupera paisajísticamente pero se puede provocar una contaminación química secundaria.

AGRADECIMIENTOS: Este trabajo es consecuencia del proyecto financiado por la CICYT con Ref. AMB94-1013-CO2-02-01, a la que sinceramente expresamos nuestro agradecimiento.

TABLA I

LA PEDRAZA (BUBIERCA- ZARAGOZA)

| muestra | pH (en H ₂ O) | pH (en KCl) | conduct. μS. | mat. orgánica % |
|---------|-----------------------------|----------------|-----------------|--------------------|
| 1 | 7.2 | 5.4 | 33 | 1.53 |
| 2 | 6.7 | 5.6 | 86 | 4.73 |
| 3 | 7.8 | 6.0 | 39 | 3.74 |
| 4 | 7.7 | 6.5 | 80 | 7.58 |
| 5 | 7.0 | 5.7 | 40 | 7.41 |
| 6 | 7.2 | 5.8 | 53 | 10.20 |
| 7 | 7.1 | 6.1 | 71 | 3.71 |
| 8 | 7.0 | 5.8 | 48 | 8.02 |
| 9 | 8.1 | 7.0 | 78 | 1.50 |
| 10 | 8.1 | 7.0 | 48 | 1.43 |
| 11 | 7.3 | 5.6 | 49 | 4.22 |
| 12 | 7.7 | 6.1 | 51 | 1.63 |
| 13 | 8.6 | 7.6 | 124 | 1.80 |
| 14 | 8.4 | 7.5 | 117 | 2.45 |
| 15 | 8.9 | 7.8 | 98 | 1.50 |
| 16 | 6.7 | 5.3 | 43 | 8.02 |
| 17 | 7.4 | 5.5 | 42 | 8.04 |
| 18 | 7.9 | 7.5 | 301 | 4.76 |
| 19 | 8.2 | 7.4 | 105 | 4.28 |
| 20 | 8.3 | 7.3 | 144 | 4.90 |
| 21 | 7.5 | 6.5 | 82 | 5.37 |
| 22 | 7.3 | 6.2 | 100 | 4.73 |
| 23 | 6.3 | 5.7 | 170 | 8.53 |
| 24 | 6.7 | 6.4 | 163 | 5.75 |
| 25 | 7.1 | 5.9 | 58 | 4.18 |
| 26 | 7.2 | 6.6 | 7 | 4.28 |
| 27 | 8.0 | 6.9 | 135 | 12.17 |
| 28 | 8.7 | 7.0 | 45 | 2.50 |
| 29 | 7.2 | 6.5 | 82 | 2.58 |
| 30 | 7.6 | 6.7 | 88 | 7.82 |
| 31 | 8.9 | 7.7 | 111 | 0.27 |
| 32 | 8.6 | 7.6 | 136 | 0.71 |
| 33 | 7.4 | 6.2 | 38 | 2.38 |
| 34 | 8.5 | 7.7 | 126 | 2.24 |
| 35 | 8.2 | 7.5 | 106 | 2.92 |
| 36 | 8.1 | 7.4 | 132 | 3.74 |
| 37 | 6.8 | 7.6 | 86 | 0.61 |
| 38 | 8.4 | 7.4 | 87 | 0.17 |
| 39 | 8.3 | 6.9 | 98 | 1.43 |
| 40 | 8.4 | 7.7 | 95 | 2.58 |
| 41 | 7.5 | 6.1 | 36 | 0.71 |
| 42 | 8.6 | 7.8 | 102 | 1.22 |
| 43 | 9.0 | 8.4 | 88 | 2.31 |
| 44 | 8.1 | 6.5 | 68 | 0.61 |
| 45 | 6.9 | 6.0 | 64 | 2.04 |
| 46 | 9.0 | 7.8 | 87 | 0.51 |
| 47 | 8.7 | 8.0 | 120 | 0.51 |
| 48 | 8.7 | 7.6 | 115 | 1.70 |
| 49 | 8.5 | 7.8 | 148 | 0.65 |
| 50 | 8.5 | 7.6 | 128 | 0.48 |

BIBLIOGRAFÍA

BARAHONA, E. (1974): *Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada: Evaluación de algunos ensayos de materias primas*. Tesis Doct. Univ Granada). Serv.Public. Univ. Granada, 49: 398 pp.

GUTIÉRREZ MAROTO, A. (1979): *Estudio metalogénico en la rama occidental del zócalo de la Cordillera Ibérica. Prov. Soria y Zaragoza*. Tesis Doct. Univ..Autón..Madrid (inédita). 257 pp.

TABLA II

LA PEDRAZA (BUBIERCA - ZARAGOZA)

| muestra | Ba | Co | Cr | Cu | Ni | Pb | Zn |
|---------|-------------|----|----|-----|----|------|-----|
| | en p. p. m. | | | | | | |
| 1 | 656 | 19 | 73 | 33 | 35 | 48 | 72 |
| 2 | 655 | 20 | 71 | 33 | 35 | 42 | 75 |
| 3 | 640 | 18 | 67 | 37 | 34 | 57 | 72 |
| 4 | 536 | 15 | 66 | 230 | 30 | 326 | 205 |
| 5 | 508 | 16 | 58 | 536 | 29 | 2004 | 981 |
| 6 | 515 | 14 | 55 | 30 | 25 | 53 | 54 |
| 7 | 527 | 14 | 61 | 125 | 27 | 90 | 135 |
| 8 | 515 | 13 | 54 | 38 | 26 | 40 | 54 |
| 9 | 526 | 13 | 55 | 95 | 25 | 59 | 98 |
| 10 | 578 | 12 | 59 | 115 | 27 | 60 | 107 |
| 11 | 638 | 13 | 59 | 57 | 26 | 31 | 65 |
| 12 | 536 | 12 | 55 | 47 | 26 | 31 | 52 |
| 13 | 475 | 10 | 43 | 70 | 19 | 25 | 56 |
| 14 | 506 | 11 | 56 | 124 | 25 | 63 | 111 |
| 15 | 515 | 10 | 48 | 53 | 22 | 32 | 55 |
| 16 | 580 | 13 | 57 | 110 | 26 | 49 | 100 |
| 17 | 607 | 14 | 60 | 56 | 27 | 37 | 56 |
| 18 | 575 | 10 | 55 | 104 | 24 | 50 | 91 |
| 19 | 475 | 10 | 49 | 153 | 23 | 47 | 118 |
| 20 | 458 | 11 | 44 | 56 | 20 | 38 | 56 |
| 21 | 484 | 11 | 46 | 51 | 21 | 33 | 49 |
| 22 | 512 | 12 | 55 | 82 | 25 | 28 | 70 |
| 23 | 445 | 12 | 47 | 34 | 22 | 25 | 37 |
| 24 | 472 | 13 | 48 | 35 | 22 | 28 | 36 |
| 25 | 495 | 11 | 50 | 27 | 23 | 32 | 43 |
| 26 | 566 | 13 | 50 | 25 | 23 | 29 | 38 |
| 27 | 462 | 9 | 42 | 22 | 19 | 27 | 33 |
| 28 | 549 | 12 | 48 | 37 | 23 | 26 | 34 |
| 29 | 528 | 12 | 45 | 35 | 22 | 27 | 37 |
| 30 | 514 | 11 | 49 | 26 | 23 | 24 | 36 |
| 31 | 512 | 11 | 43 | 22 | 19 | 24 | 29 |
| 32 | 430 | 9 | 37 | 19 | 17 | 21 | 25 |
| 33 | 681 | 16 | 63 | 38 | 29 | 31 | 48 |
| 34 | 436 | 10 | 36 | 73 | 17 | 27 | 25 |
| 35 | 631 | 14 | 57 | 57 | 26 | 35 | 52 |
| 36 | 640 | 13 | 58 | 31 | 25 | 31 | 51 |
| 37 | 1066 | 16 | 63 | 41 | 29 | 32 | 50 |
| 38 | 751 | 11 | 48 | 22 | 20 | 24 | 33 |
| 39 | 572 | 12 | 55 | 20 | 23 | 22 | 40 |
| 40 | 541 | 12 | 48 | 29 | 22 | 24 | 31 |
| 41 | 655 | 14 | 64 | 38 | 27 | 29 | 51 |
| 42 | 555 | 12 | 48 | 24 | 19 | 31 | 37 |
| 43 | 488 | 10 | 42 | 27 | 19 | 24 | 47 |
| 44 | 619 | 16 | 62 | 94 | 29 | 90 | 170 |
| 45 | 626 | 15 | 66 | 30 | 31 | 46 | 61 |
| 46 | 525 | 11 | 51 | 28 | 24 | 28 | 41 |
| 47 | 520 | 11 | 50 | 26 | 23 | 28 | 41 |
| 48 | 528 | 11 | 53 | 33 | 24 | 39 | 55 |
| 49 | 536 | 10 | 55 | 31 | 24 | 34 | 48 |
| 50 | 540 | 9 | 53 | 25 | 23 | 26 | 38 |

GUTIÉRREZ MAROTO, A. & MONSEUR, G. (1980): Altafondo de la Pedraza y mineralización asociada (Bubierca, Zaragoza). *Tecniterrae*, **5 (35)**: 32-43. Madrid.

GUTIÉRREZ MAROTO, A.; MONSEUR, G.; GUIJARRO, J.; ÁLVAREZ, J.B. & MORENO, A. (1987): Determinación e incidencia del fondo geoquímico de las pizarras areniscosas del tremadociense sobre las concentraciones minerales. Zócalo de la rama sur de la Ibérica (Prov. Soria y Zaragoza). *Est. Geol.*, **43**: 377-386. Madrid.

I.G.M.E. (1983): *Mapa Geológico de España. E. 1:50.000. Hoja 437 (Ateca)*. 67 pp.

A.GUTIÉRREZ MAROTO; J.NAVARRETE; R.GARCÍA GIMÉNEZ & R.JIMÉNEZ BALLESTA
Contaminación potencial de suelos por la dispersión secundaria de las escombreras
de una antigua mina en el zócalo de la rama occidental de la Cordillera Ibérica (Bubierca-Zaragoza).

Tabla III.- LA PEDRAZA
ANÁLISIS MINERALÓGICO por DRX (%) (%) sobre Filosilicatos

| MUESTRA | CUARZO | FK | FCaNo | CALCITA | DOLOMIT | FILOSILI | CAOLIN | ILITA | CLORITA | ESNECT |
|---------|--------|-----|-------|---------|---------|----------|--------|-------|---------|--------|
| 1 | 38 | 3 | - | 5 | 4 | 50 | 23 | 52 | 10 | 15 |
| 2 | 31 | ind | - | ind | ind | 69 | 25 | 63 | - | 12 |
| 45 | 13 | 20 | - | 4 | 1 | 62 | 19 | 63 | 6 | 12 |
| 3 | 49 | ind | - | 9 | - | 42 | 22 | 38 | - | 40 |
| 4 | 28 | 39 | - | - | - | 33 | 15 | 52 | 12 | 21 |
| 7 | 25 | 6 | - | 1 | 1 | 67 | 20 | 46 | 15 | 19 |
| 8 | 41 | 2 | - | 1 | 1 | 55 | 10 | 82 | - | 8 |
| 9 | 69 | ind | - | 3 | 6 | 22 | 18 | 64 | 6 | 12 |
| 10 | 42 | 3 | - | 6 | 1 | 48 | 23 | 44 | - | 33 |
| 11 | 41 | 3 | - | 3 | - | 53 | 19 | 61 | - | 20 |
| 13 | 31 | 2 | - | 30 | 2 | 35 | 16 | 53 | - | 31 |
| 14 | 35 | - | - | - | - | 65 | 20 | 62 | 12 | 6 |
| 16 | 32 | - | - | 4 | 6 | 57 | 17 | 73 | - | 10 |
| 18 | 33 | 3 | - | 5 | 3 | 56 | 8 | 79 | - | 13 |
| 21 | 30 | 1 | 2 | 2 | 2 | 63 | 10 | 69 | - | 21 |
| 22 | 33 | ind | - | ind | ind | 67 | 17 | 51 | - | 32 |
| 25 | 34 | 2 | - | 4 | - | 60 | 28 | 47 | 6 | 19 |
| 26 | 18 | - | - | - | - | 82 | 12 | 61 | - | 27 |
| 28 | 16 | 4 | - | - | - | 80 | 20 | 49 | - | 31 |
| 29 | 31 | 3 | - | 3 | 3 | 60 | 11 | 70 | - | 19 |
| 31 | 39 | 14 | - | 1 | - | 46 | 8 | 80 | - | 12 |
| 38 | 40 | 5 | - | 1 | 1 | 53 | 13 | 61 | - | 26 |
| 39 | 31 | 2 | - | 2 | 2 | 63 | 2 | 76 | 5 | 17 |
| 40 | 33 | 11 | - | 3 | 3 | 50 | 21 | 64 | - | 15 |

JIMÉNEZ, S. (1984): *Contaminación por actividades mineras*. Curso de ordenación del territorio. Lérida 1984.

MERRINGTON, G. & ALLOWAY, B.J. (1993): Environmental significance of heterogeneous metal distribution in historical Pb-Zn mine tailings heaps³⁷. *Trans. Instn. Min. Metall. (sect A Min. Industry)*, **102**: 71-74.

SCHMITZ, V. (1971): Stratigraphie und Sedimentologie im Kambrium und Tremadoc der Westlichen Iberischen Ketten nördlich Ateca (Zaragoza, NE Spanien). *Münster Forsch. Geol. Paläont., Münster*, **22**: 123.

SCHULTZ, L. (1964): Quantitative interpretation of mineralogical composition from X-Ray and chemical data for Pierce Shale. *U.S. Geol. Surv. Prof. Pap.* **391-C**: 31 pp.

STARKEY, H.; BLACKMON, P. & HAUFF, P. (1984): The routine mineralogical analysis of clay samples. *V.S.G. Survey Bull.*, **46**: 22.

SURFER (1987): *Surfer information manual* P.O. Box 281 Golden. Colorado 80402. 208
