

**APORTACION DE LA GEOQUIMICA DE ELEMENTOS TRAZA EN SUELOS A LA INVESTIGACION DEL IMPACTO AMBIENTAL DE UNA GRAN CENTRAL TERMICA**

José Luis FERNANDEZ TURIEL, Xavier QUEROL CARCELLER, Ángel LOPEZ SOLER y Andrés ALASTUEY  
Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera, CSIC, C/ Martí i Franquès s/n, 08028 Barcelona

**Abstract**

The content and distribution of thirty six trace elements in soils around a large coal thermal power station in NE Spain has been studied. The aim of this study is the detection of the influence of the power plant activity on the above-mentioned soils. The results show that there are not anomalous high contents of trace elements in the soils studied. However, some of the trace elements taken into consideration could be used as pathfinders of coal firing impact on soils.

Key words: coal thermal power station, soil, trace element, environment, geochemistry.

**Introducción**

La combustión de carbón en las centrales termoeléctricas ocasiona la transferencia parcial de elementos traza al medio ambiente circundante a través de los gases y la materia particulada (las cenizas volantes más finas que escapan a los sistemas de retención), que son emitidos por las chimeneas de las plantas. Se trata de un sistema dinámico en el que deben ser considerados cuatro aspectos: a) el combustible (el contenido en elementos traza de los carbones); b) la central térmica (la tecnología de combustión, los sistemas de retención de cenizas volantes, la altura de la chimenea y el tiempo que lleva en funcionamiento); c) las condiciones meteorológicas locales (principalmente el viento); y d) el ambiente terrestre (el relieve, la geología y el tipo de suelos).

El objetivo del presente trabajo es el estudio de la distribución de elementos traza en los suelos de los alrededores de una gran central térmica con el fin de aportar nuevos criterios para la localización de las áreas de impacto de las plumas de las chimeneas de las mencionadas instalaciones industriales. Para un estudio de tales características resulta idónea la combinación de una central térmica de gran potencia y un área circundante con bajos fondos geoquímicos regionales respecto a los elementos traza. En razón de estas dos premisas, se seleccionó la Central Térmica Teruel en las proximidades de Andorra (Teruel, NE España).

La central Térmica Teruel comenzó a operar en 1979. Está formada por tres grupos de 350 MW conectados a una chimenea de 343 m de altura y 9 m de diámetro en la parte superior. El carbón consumido es del orden de  $5 \times 10^6$  Tm por año y procede mayoritariamente del Distrito Minero Turolense (carbones de la Formación Escucha, Cretácico Inferior), cuyo rango corresponde predominantemente al de carbones subbituminosos de tipo B y C y que contienen un alto porcentaje en azufre (Querol, 1990; Querol et al., 1991). Además también se utilizan como combustible carbones subbituminosos de Mequinenza, bituminosos de otras procedencias y gas.

**Contexto geológico**

En los alrededores de la central térmica, las unidades de relieve están directamente relacionadas con las grandes unidades geológicas. Los materiales mesozoicos presentan relieves abruptos en zonas cuyas alturas van de 600 a más de 1600 metros. Se trata de formaciones geológicas del Jurásico y del Cretácico. Las formaciones jurásicas están constituidas esencialmente por calizas y dolomías, con niveles margosos escasos y poco potentes. Las formaciones cretácicas aunque son eminentemente calizas, presentan importantes intercalaciones margosas y arenosas.

Los materiales cenozoicos, en cambio, se presentan en zonas con alturas

inferiores a 600 metros. Se trata de materiales paleógenos (potentes series de facies arcillosas rojas, con areniscas y conglomerados) y materiales neógenos (lutitas con niveles nodulares yesíferos, pequeños horizontes calizos y bancos arenosos y conglomeráticos).

Los principales tipos de suelos distinguidos en la región estudiada, según la nomenclatura de FAO-UNESCO (1974), son: a) Suelos desarrollados a partir de calizas y margocalizas (litosoles y rendzinas principalmente); b) Suelos desarrollados a partir de sedimentos arcillosos mesozoicos (regosoles principalmente); c) Suelos desarrollados a partir de sedimentos arcillosos y conglomeráticos cenozoicos (regosoles, xerosoles cálcicos y yermosoles cálcicos principalmente); y d) Suelos sobre arcillas y conglomerados cenozoicos con yesos (xerosoles y yermosoles yesíferos principalmente).

En los fondos de los valles dominan los fluvisoles, pero se ha procurado no tomar muestras sobre estos para controlar la influencia del substrato.

#### Muestreo y preparación de muestras

Se han recogido un total de 64 muestras de suelos de forma que en conjunto se cubra uniformemente el área de estudio. En cada punto de muestreo se tomó una muestra de 10 a 15 Kg sobre una parcela de suelo de aproximadamente 0.50 por 0.50 m y una profundidad de 5 cm. Una vez en el laboratorio las muestras fueron secadas en estufas a una temperatura de 40 °C. A continuación se tamizaron y la fracción granulométrica inferior a 200 micras se seleccionó para su posterior análisis.

#### Análisis químicos

En las 64 muestras de suelo tomadas se han analizado por espectrometría de masas con fuente de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), espectrometría de fluorescencia de rayos X (XRF) y espectrometría de absorción atómica (AAS) los contenidos de As, Ba, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Dy, Er, Eu, Gd, Ge, Hg, Ho, La, Lu, Mn, Mo, Ni, Nd, Pb, Pr, Rb, Sb, Se, Sm, Sr, Tb, Th, Tm, U, Yb, Zn y Zr.

#### Tratamiento estadístico de la información geoquímica

La complejidad y el número de los resultados analíticos en problemas medioambientales hace necesaria la aplicación de técnicas precisas de análisis de datos. En este sentido, el método estadístico del krigage es especialmente útil para evaluar la variabilidad espacial de los contenidos elementales en el suelo dentro de los límites geográficos de la red de muestreo (Flatman y Yfantis, 1984, Brown et al. 1985).

El método geoestadístico del krigage se basa en el estudio del semivariograma, el mapa de isocontenidos estimados y el mapa de las desviaciones standard de los contenidos estimados. Las principales ventajas de este método se basan en que es un método de interpolación exacto (el valor del estimador en un punto muestreado es el valor de la muestra) y que un mapa de iso-desviaciones standard muestra la precisión o error de interpolación del mapa de isocontenidos estimados.

#### Resultados

Atendiendo a la distribución geográfica que muestran los mapas de isocontenidos de los elementos traza estudiados y a la relación con el tipo de substrato, estos se pueden clasificar en dos grupos:

Grupo I. La distribución geográfica de los contenidos de estos elementos se correlaciona con la distribución de los materiales geológicos de la región estudiada. Aquí se incluyen Ba, Bi, Ce, Cu, Dy, Er, Eu, Ge, Gd, Ho, La, Mo, Nd, Pb, Pr, Rb, Sm, Sr, Th, U, Yb y Zr. Se observa el enriquecimiento de los materiales mesozoicos respecto a los cenozoicos en tierras raras, U y Rb, y de los materiales cenozoicos en Zr y, sobre todo, Sr. En el caso del Zr se debe al mayor contenido

de los materiales cenozoicos en minerales detríticos como el circón y en el caso del Sr, a la abundante presencia de niveles evaporíticos con yesos (enriquecidos en Sr).

**Grupo II.** Muestran tendencias independientes del substrato geológico y presentan una zona de concentraciones más elevadas en la parte centro-este del área de estudio, a una distancia de 25 a 40 Km de la Central Térmica Teruel, es decir en la dirección de los vientos dominantes en la región (WNW-ESE). Se trata de Cr, Cd, Co, Hg, Lu, Ni, Tm, Tb y Zn.

Tendencias generales mixtas pueden observarse en algunos elementos, como ocurre en los casos del As, Be y Mn, que muestran conjuntamente algunas de las características de los Grupos I y II.

Según estos resultados, los elementos del Grupo II serían los más indicados para ser utilizados como trazadores del impacto de la pluma de la central. Además de su distribución geográfica, otro argumento a favor de esta posible aplicación sería la coincidencia de los elementos del Grupo II con aquellos elementos que por su comportamiento volátil o asociación a las partículas de menor tamaño de las cenizas volantes suelen ir asociados a los vertidos gaseosos de las centrales térmicas.

Los elementos que generalmente se comportan de forma volátil son Hg y, en menor grado, Se (Billings y Matson, 1972, y Klein et al., 1975), mientras que aquellos elementos traza que suelen presentarse en concentraciones más elevadas en las partículas de menor tamaño de las cenizas volantes son As, Cd, Co, Cr, Cu, Ge, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Zn (Davidson et al., 1974, Klein et al., 1975, Campbell et al., 1978, Coles et al., 1979, y Smith et al., 1979). Existe pues una notable coincidencia entre los elementos del Grupo II y algunos de los que muestran un comportamiento mixto (entre los Grupos I y II) y los anteriormente mencionados, salvo en el caso de los lantánidos (de los que no se dispone de información bibliográfica contrastada).

En síntesis, los dos hechos citados (distribución geográfica y posibles emisiones de centrales térmicas) sugieren que puede existir algún tipo de relación entre los elementos traza del Grupo II y los del grupo mixto y la actividad de la central térmica, lo que hace que estos elementos se encuentren entre los primeros candidatos a ser utilizados como indicadores de la mencionada actividad en los alrededores de la central.

#### Agradecimientos

El presente trabajo ha sido realizado bajo los auspicios de la Empresa Nacional de Electricidad Sociedad Anónima (ENDESA) y el CSIC, Contrato O-30886/L-1/P-119784. Deseamos expresar nuestro a A. Durán, J. Abadía, M.A. Abad, P. Simpson, Y. Yeung, E. Durán y los Servicios de Geoquímica y de Espectroscopía de la Universidad de Barcelona por su colaboración en diferentes aspectos durante el desarrollo del trabajo.

#### Bibliografía

- Billings, C.E.; Matson, W.R. (1972): *Science*, 176, 1232 - 1233.
- Bowie, S.H.U.; Thornton, I. (1985): *Environmental geochemistry and health*. D. Reidel Publishing Company. Dordrecht. 140 pp.
- Brown, K.W.; Mullins, J.W.; Richitt, E.P.; Flatman, G.T.; Black, S.C.; Simon, S.J. (1985): *Environmental Monitoring and Assessment*, 5, 137 - 154.
- Campbell, J.A.; Laul, J.C.; Nielson, K.K.; Smith, R.D. (1978): *Anal. Chem.*, 50, 1032 - 1040.
- Coles, D.G.; Ragaini, R.C.; Ondov, J.M.; Fisher, G.L.; Silberman, D.; Prentice, B.A. (1979): *Environ. Sci. Technol.*, 13, 455 - 459.

Davidson, R.L.; Natusch, D.F.S.; Wallace, J.R.; Evans, C.A. (1974): *Env. Sci. Technol.*, 8, 1107 - 1113.

FAO-UNESCO (Food and Agriculture Organization of the United Nations - United Nations Educational Scientific and Cultural Organization) (1974): Soil map of the world 1:5 000 000. UNESCO, Paris. 59 pp. y 19 mapas f.t.

Flatman, G.T.; Yfantis, A.A. (1984). *Environmental Monitoring and Assessment*, 4, 335 - 349.

Klein, D.H.; Andren, A.W.; Carter, J.A.; Emery, J.F.; Feldman, C., Fulkerson, W., Lyon, W.S.; Ogle, J.C.; Talmi, Y.; Van Hook, R.I.; Bolton, N.E. (1975). *Environ. Sci. Technol.*, 9, 973 - 979.

Querol, X. (1990): Tesis Doctorado. Univ. Barcelona. 509 pp. (inédita).

Querol, X.; Fernández Turiel, J.L.; López Soler, A., Hagemann, H.W.; Dehmer, J., Juan, R.; Ruiz, C. (1991). *Int. J. Coal Geol.*, 18, 1-22.

Smith, R.D.; Campbell, J.A.; Nielson, K.K. (1979). *Environ. Sci. Technol.*, 13, 553 - 558.