

Valores de fondo y anomalías de uranio y torio en los suelos del suroeste de España

Domingo Martín (1*), Juan Carlos Fernández-Caliani (2), Antonio Romero (1), Joaquín Delgado (1), Isabel González (1)

(1) Dpto. Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Facultad de Química. 41012. Universidad de Sevilla

(2) Dpto. de Geología. Facultad de Ciencias Experimentales. 21071. Universidad de Huelva

* corresponding author: dmartin5@us.es

Palabras Clave: Elementos radiactivos, Fondo natural, Anomalías geoquímicas, Andalucía occidental. **Key Words:** Radioactive elements, Background values, Geochemical anomalies, Western Andalusia.

INTRODUCCIÓN

El uranio (U) y el torio (Th) son los actínidos más abundantes en la corteza superior terrestre, con unas concentraciones medias de 2,6 mg kg⁻¹ (Hu & Gao, 2008) y 10,5 mg kg⁻¹ (Rudnick & Gao, 2003), respectivamente. Estos elementos radiactivos se concentran principalmente en minerales accesorios de rocas ígneas félsicas, como el zircón, apatito, allanita o la monacita, y se liberan de estos hacia a los suelos mediante procesos de erosión y meteorización. La presencia de U y Th en los suelos contribuye de forma significativa al fondo de radiactividad natural, lo que hace esencial su cuantificación tanto en la exploración minera, para identificar yacimientos potenciales, como en estudios geoquímicos ambientales que evalúan los riesgos radiológicos asociados. En este trabajo se han determinado las concentraciones totales de U y Th en suelos de las provincias de Cádiz, Córdoba, Huelva y Sevilla con litologías dominadas por granitos, esquistos, rocas sedimentarias y volcánicas; con el propósito de establecer los valores de fondo y detectar posibles anomalías.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron 455 muestras de suelo y 92 de roca madre, recogidas en 300 emplazamientos de áreas rurales sin influencia de actividades antrópicas contaminantes. Los suelos se tomaron a dos profundidades (0-20 cm y 20-40 cm) con una barrena manual de tipo Edelman, empleando un muestreo aleatorio estratificado según la litología de la roca madre. Las muestras se secaron a temperatura ambiente, desagregaron y tamizaron a 2 mm antes de ser pulverizadas en un molino de ágata para su análisis químico. Las concentraciones totales de U y Th se analizaron por ICP-OES en un laboratorio acreditado (Activation Laboratories, Canadá), tras una digestión multiácida (HClO₄-HNO₃-HCl-HF) a 260 °C. La calidad de los resultados analíticos fue controlada con el uso de materiales de referencia certificados, blancos de reactivos y muestras duplicadas.

El límite superior del fondo edafoquímico regional se calculó sumando a la mediana el doble de la mediana de la desviación absoluta (Me + 2MAD), un método robusto que minimiza la influencia de valores extremos (Reimann & De Caritat, 2017). La detección de valores atípicos se realizó mediante un análisis descriptivo basado en el diagrama de Tukey (ISO, 2018). Se calcularon los límites interiores (LIS) y exterior (LES) superiores para identificar anomalías débiles e intensas, respectivamente. Estos límites se establecieron en función del rango intercuartílico (IQR) y el tercer cuartil (Q3) de la distribución de los datos, de acuerdo con las fórmulas: LIS = Q3 + 1.5 × IQR y LES = Q3 + 3.0 × IQR.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos estadísticos presentados en la Tabla 1 muestran niveles de U y Th ligeramente elevados, tanto en superficie como en profundidad, en comparación con la mediana de los suelos de Europa (2,03 y 7,63 mg kg⁻¹, Salminen, 2005). No obstante, estas concentraciones son inferiores a las registradas en los suelos españoles (2,9 y 13,4 mg kg⁻¹, Locutura, 2012) y considerablemente más bajas que en los suelos del noroeste peninsular (12,4 y 17,7 mg kg⁻¹, Taboada et al., 2006). Las mayores concentraciones en el área de estudio se detectaron en los Cambisoles desarrollados sobre rocas graníticas del batolito de los Pedroches, al norte de Córdoba, con valores medios de 7,58 mg kg⁻¹ de U y 28,50 mg kg⁻¹ de Th. Aún así, los niveles de U están muy por debajo del fondo típico de los suelos

derivados de granitos en el oeste de España (29,8 mg kg⁻¹, Santos-Francés et al., 2018) y de los suelos contaminados con fosfoyesos en el entorno de Huelva (hasta 96,3 mg kg⁻¹, Fernández-Caliani, 2012). Los contenidos más bajos de U y Th se obtuvieron en los suelos de la depresión del bajo Guadalquivir donde predominan arenas, margas y arcillas, con promedios de 1,92 y 7,70 mg kg⁻¹, respectivamente.

Los valores de fondo de U y Th en el suelo superficial (4,67 y 17,99 mg kg⁻¹) superan a los del subsuelo (4,18 y 16,11 mg kg⁻¹), aunque son inferiores al fondo regional de la roca madre (6,75 y 27,30 mg kg⁻¹). La fuerte correlación de estos elementos ($R^2= 0.80$) en ambos niveles de muestreo indica un origen común, mientras que su distribución en el perfil edáfico evidencia una clara diferenciación. En los suelos desarrollados sobre granitoides hercínicos de Sierra Morena se identificaron 4 y 7 anomalías intensas de Th y U, respectivamente. En conclusión, estos resultados sugieren que la litología de la roca madre es el principal factor que controla la abundancia y distribución de U y Th en los suelos de Andalucía occidental, un patrón previamente observado en otros elementos traza de interés económico y ambiental (Galán et al., 2008; Fernández-Caliani et al., 2020).

Elemento (mg kg ⁻¹)	U	Th
Límite de detección	0,5	0,2
Suelo superficial (0-20 cm), 298 muestras		
Mediana	2,30	8,80
Fondo regional	4,67	17,99
Valor umbral de anomalías débiles	6,10	23,30
Valor umbral de anomalías intensas	8,80	33,50
Suelo subsuperficial (20-40 cm), 157 muestras		
Mediana	2,10	8,35
Fondo regional	4,18	16,11
Valor umbral de anomalías débiles	5,65	21,40
Valor umbral de anomalías intensas	8,20	30,40
Roca madre, muestra total, 92 muestras		
Mediana	2,90	10,70
Fondo regional	6,75	27,30

Tabla 1. Concentraciones de U y Th en diferentes profundidades del suelo y en la roca madre, valores de fondo y umbrales de anomalías.

REFERENCIAS

- Fernández-Caliani, J.C. (2012): Risk-based assessment of multimetallic soil pollution in the industrialized peri-urban area of Huelva, Spain. *Environ. Geochem. Health*, **34**, 123–139.
- Fernández-Caliani, J.C., Romero, A., González, I. & Galán, E. (2020): Geochemical anomalies of critical elements (Be, Co, Hf, Sb, Sc, Ta, V, W, Y and REE) in soils of western Andalusia (Spain). *Appl. Clay Sci.*, **191**, 105610.
- Galán, E., Fernández-Caliani, J.C., González, I., Aparicio, P. & Romero, A. (2008): Influence of geological setting on geochemical baselines of trace elements in soils. Application to soils of South–West Spain. *J. Geochem. Expl.*, **98**, 89–106.
- Hu, Z. & Gao, S. (2008): Upper crustal abundances of trace elements: A revision and update. *Chem. Geol.*, **253**, 205–221.
- ISO, International Organization for Standardization (2018): Soil quality – Guidance on the determination of background values. International Standard ISO 19258.
- Locutura, J., Bel-lan, A., García-Cortés, A. & Martínez-Romero, S. (2012): Atlas Geoquímico de España. *Inst. Geol. Min. Esp.*, Madrid, 592 p.
- Reimann, C. & De Caritat, P. (2017): Establishing geochemical background variation and threshold values for 59 elements in Australian surface soil. *Sci. Total Environ.*, **578**, 633–648.
- Rudnick, R.L. & Gao, S. (2003): Composition of the continental crust. In “Treatise on Geochemistry”, H.D. Holland, K.K. Turekian, Eds., vol. 3. Elsevier-Pergamon, Oxford, pp. 1–64.
- Salminen, R. (2005): Geochemical Atlas of Europe. Part 1: Background Information, Methodology and Maps. Geological Survey of Finland. <http://www.gtk.fi/publ/foregsatlas>.
- Santos-Francés, F., Gil, E., Martínez-Graña, A., Alonso, P., Ávila, C., & García-Sánchez, A. (2018): Concentration of uranium in the soils of the west of Spain. *Environ. Pollut.*, **236**, 1–11.
- Taboada, T., Martínez-Cortizas, A., García, C. & García-Rodeja, E. (2006): Uranium and thorium in weathering and pedogenetic profiles developed on granitic rocks from NW Spain. *Sci. Total Environ.*, **356**, 192–206.