

Título: Cartografía geoquímica ambiental de la ciudad de Huelva (SW España).

Environmental geochemical mapping of the Huelva city (SW Spain)

Autor: Marco Tulio Guillén Herrera

Director: José Miguel Nieto Liñán

Centro: Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad de Huelva.

Fecha de defensa: 15 Diciembre 2008

Tribunal: Gabriel Ruiz de Almodóvar Sel, José Miguel Nieto Liñán y José Torres Ruiz.

Calificación: Sobresaliente

Cartografía Geoquímica Ambiental de la Ciudad de Huelva (SW España)

/ MARCO TULIO GUILLÉN HERRERA*

(*) Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Experimentales, Av. 3 de marzo s/n, Campus el Carmen, Huelva

INTRODUCCIÓN

El presente estudio centra su atención en la obtención de mapas geoquímicos que revelen el grado de afectación de suelos contaminados y la evaluación de los riesgos potenciales para la salud. La contaminación de suelos en áreas urbanas provocada por la actividad antropogénica ha sido objeto de estudios en los últimos años debido al grave riesgo que representa para la salud humana y el ambiente. Los procesos industriales y la actividad agrícola son susceptibles de provocar cambios en el entorno y afectar severamente a los suelos, siendo los relacionados con el medio ambiente los más preocupantes por el efecto negativo sobre éste. El conocimiento de la calidad de un suelo es fundamental cuando pretendemos determinar los efectos derivados de la actividad antropogénica y su impacto en los geo-ecosistemas como resultado de sus deficiencias y toxicidades. En este sentido, el establecimiento de los valores de base (baseline) de elementos químicos asociados a distintas litologías es imprescindible para poder discriminar entre su origen geogénico o antropogénico (Plant et al., 2001).

El concepto de baseline fue introducido de manera formal en la reunión del Programa Internacional de Correlación Geológica (International Geological Correlation Program, IGCP) para definir la concentración de un elemento en su ambiente superficial (Salminen & Gregorauskiene, 2000). El término incluye tanto a la concentración geogénica o background, más la aportada por la actividad antropogénica. Su aplicación para resolver situaciones relacionadas a nivel de normativas legales de suelos o

ambientes contaminados es muy útil. La definición y determinación de valores referenciales (genéricos, globales, regionales, valores locales y naturales, baseline, threshold, background etc.) en un área de particular interés, han podido provocar confusiones en algunos aspectos desde científicos, administrativos hasta legales por la heterogeneidad de criterios empleados (Bech et al., 2008). Así, estudios recientes en suelos de Andalucía presentan variaciones en la determinación de los valores de baseline que dependen de la litología y metodología empleada.

En esta investigación revisamos los resultados de una campaña geoquímica en áreas urbanas y periurbanas de la ciudad de Huelva donde elementos mayores, menores y traza fueron determinados. Específicamente, 158 muestras de suelos fueron analizadas para la determinación de 53 elementos de los cuales fueron seleccionados aquellos considerados potencialmente contaminantes. Los resultados permitieron determinar los background para los elementos Cu, Pb, As, Ag, Cd, Zn, Hg, Co, Cr y Ni. La legislación española que regula los criterios y declaración para suelos contaminados (R.D. 9/2005) no prevé adecuadamente, aparte de algunas sustancias orgánicas, otras sustancias inorgánicas que podrían resultar peligrosas para la salud de los animales y seres humanos. Los valores genéricos obtenidos en esta investigación podrían ser una referencia para valorar los riesgos y evaluarlos con la finalidad de proteger la salud humana en el caso de ser implementados en la legislación.

En la realización de esta investigación fueron confeccionados mapas geoquímicos para los elementos de mayor

interés basados en una metodología que resultó sencilla para la interpretación de los mismos.

OBJETIVOS

Los principales objetivos de este estudio son: (1) Elaboración de un sistema de información geográfica (SIG) que incluya los suelos del término municipal de Huelva que sirva de referencia para aplicar a campañas de muestreo; (2) Determinar los niveles de distribución y de contaminación de metales como valores referenciales a las normativas legales actualmente vigentes que rigen esta materia; (3) Aplicar una metodología analítica contrastada que permita la evaluación cuantitativa de la amenaza que representa la contaminación de metales a los ecosistemas y a la salud humana, y (4) Elaborar mapas geoquímicos obtenidos mediante la técnica de Factor de Enriquecimiento de los metales pesados que representen algún grado de potencial afectación a la salud humana.

MUESTREO Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Durante el otoño de 2007, 158 muestras de suelos fueron recogidas sobre un área de 147 km² con una malla de 0.5x0.5 km en áreas urbanas y una malla de 1.0x1.0 km en áreas periurbanas (fig. 1). La campaña incluyó parques, espacios abiertos, marismas, terrenos de cultivo y áreas industriales. Para minimizar los errores de muestreo, cada muestra se compone de cinco submuestras de 1 a 2.0 kg, tomadas en el centro y en los extremos de una cruz de 2 m de ancho entre 0 y 10 cm de profundidad con la ayuda de una barrena de acero inoxidable y almacenada en bolsas de

palabras clave: Cartografía Geoquímica, Elementos Traza, Valor de Fondo, Línea Base, Elementos Dañinos, Factor de Enriquecimiento.

key words: Geochemical Mapping, Trace Elements, Background, Baseline, Harmful Elements, Enrichment Factor.

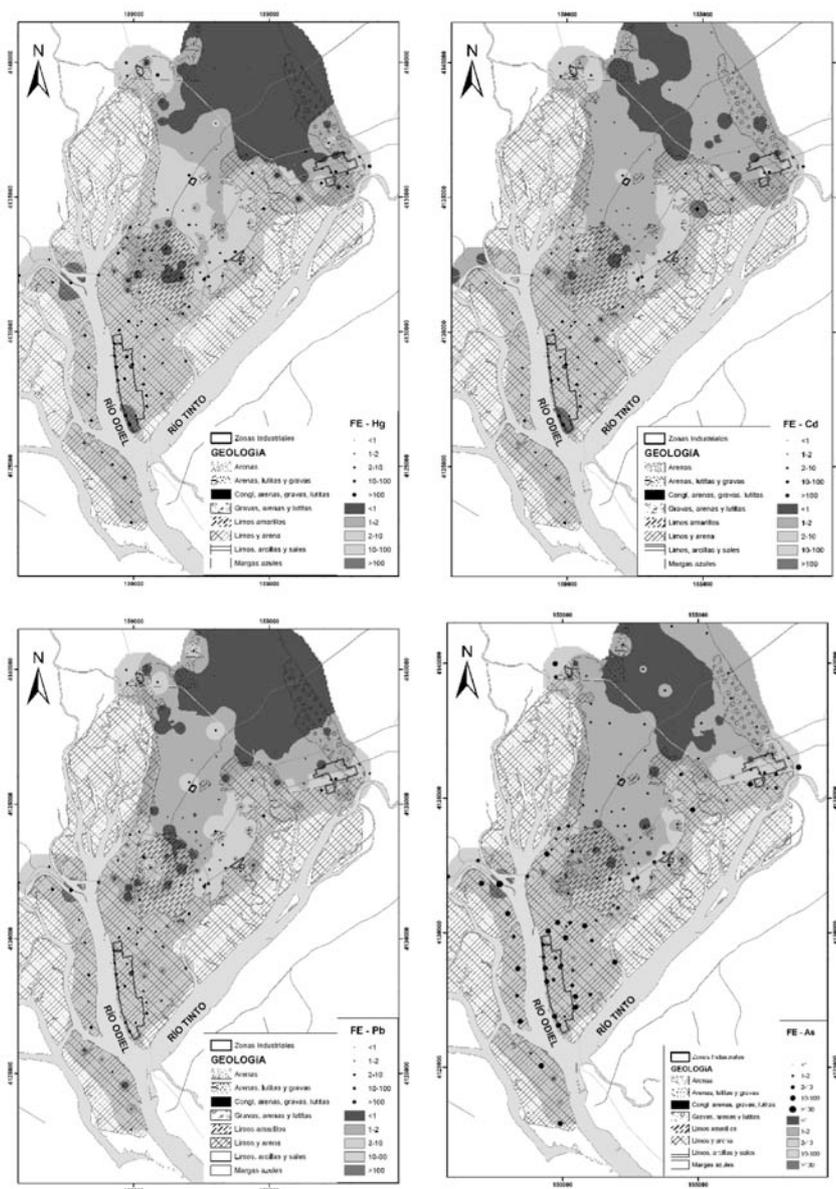


fig 1. Mapas de Factor de Enriquecimiento de Hg, Cd, Pb y As.

polietileno, según métodos adoptados internacionalmente. Cada muestra fue secada en un horno a 40 °C para evitar la pérdida de volátiles, disgregadas con un rodillo de madera y luego tamizada a través de una malla de 2 mm para separar la fracción con granulometría inferior a 2mm. Posteriormente se tamizó con una malla de 0.5 mm para permitir la separación de restos vegetales antes de tomar una alícuota de 30 gramos y molerla a hasta obtener una fracción inferior a 63 μm para su posterior análisis químico.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

En el análisis de componentes principales, dos factores explican el 84.9% de la varianza total de los datos (fig. 2). El

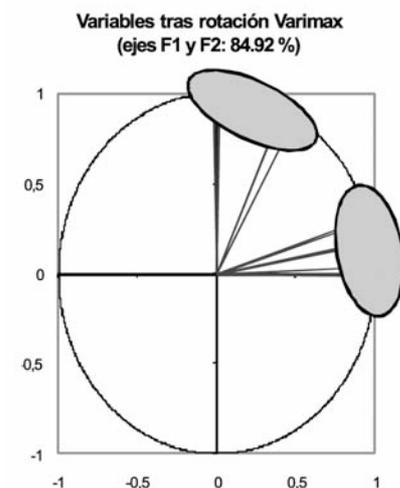


fig 2. Análisis de Componentes Principales

factor F1 es responsable de más del 57% de la varianza de la asociación del Cu-Pb-Zn-As-Hg-Cd-Ag y posiblemente estaría asociado a un origen antropogénico. El factor F2 explica el 27% de la varianza total de los datos y agrupa los elementos Co-Cr-Ni. Esta asociación parece ser de origen geogénico, muy probablemente asociada a las rocas básicas paleozoicas de la cuenca de drenaje de los ríos Tinto y Odiel

La fuerte correlación de estos elementos agrupados en el factor F2 con el Fe y Mn sugiere que los óxidos e hidróxidos de Fe-Mn desempeñan un papel importante en la sorción y coprecipitación sugiriendo un origen geogénico, contrario al comportamiento de los metales del factor F1. La aplicación de la rotación Varimax permitió obtener resultados más precisos. Los valores de comunalidad superiores a 0.5 nos indican una excelente distribución de las correlaciones entre las variables estudiada. Las zonas de mayor enriquecimiento presentan una clara asociación con los polígonos industriales Punta del Sebo (1-2 Km en dirección Sur), y Tartessos (3.5 Km dirección NE) de la ciudad de Huelva, el antiguo cargadero mineral de Tarsis, y los terrenos aluviales del Río Tinto y las Marismas del Tinto y el Odiel dada la alta carga de metales que ambos ríos transportan.

Los valores de background de los perfiles de suelo (Tab. 1), sirvieron de base para la obtención de los valores genéricos de acuerdo a lo establecido en el RD 9/2005, que regula la relación de las actividades potencialmente contaminantes del suelo y establece los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados. Los valores genéricos generados corresponden a la suma del background más dos veces el error típico o la desviación estándar.

Al comparar estos valores con otros de estudios similares en suelos de Andalucía mostrados en la misma tabla, observamos que prácticamente no hay variaciones significativas (Junta de Andalucía, 2004). La composición de la roca fuente en la que se desarrolla el suelo influye en la distribución de los elementos potencialmente tóxicos en su entorno (Galán et., al 2007). En este caso la influencia de la roca fuente genera resultados superiores para la mayoría de los elementos, excepto el Pb y Ni.

Comparado con los valores de background en estudios de metales pesados en suelos de la Ría de Huelva

	Iriarte et al. (2007)	Junta de Andalucía (2004)	Galán et al. (2008) ZSP-	OM	Morillo et al. (2008)	Fernández-Caliani et al. (2008)	Valores de fondo	Valores Genéricos $\bar{X} + 2*SD$	Wedepohl (1978)
As	36.40	10	25	19	70	621.00	8.45	9.50	1.5
Cd	0.20	—	19	19	9.6	1.90	0.13	0.15	0.098
Cu	44.60	24	32	28	270	726.00	17.56	20.08	25
Pb	34.30	24	38	32	218	640.00	26.81	36.49	20
Zn	70.50	56	76	79	410	621.00	47.23	50.19	71
Cr	202.20	70	95	83	370	71.00	45.18	54.48	35
Ni	25.50	29	35	37	51.6	1794.00	24.18	27.55	20
Co	8.80	12	19	19	—	16.00	9.72	10.99	10

tabla 1. Valores de fondo y genéricos para suelos de Andalucía (en ppm). *Nota: ZSP: zona Sur-portuguesa; OM: zona de Ossa-Morena. Datos de Wedepohl (1978) para la corteza terrestre.

(Iriarte et al., 2007), observamos que se presentan variaciones significativas de concentración que dependen de la influencia de las unidades geomorfológicas y la densidad de muestreo. En Fernández-Caliani et al. (2009), los valores de background encontrados en minas abandonadas son muy superiores a los determinados en esta investigación para los mismos elementos reflejando así la intensa actividad antropogénica desarrollada en el pasado en las zonas mineras. La Tabla 1 también presenta de manera referencial la composición de los elementos en la corteza terrestre.

Por último, los valores genéricos no logran superar los límites de concentración superior establecidos en muestras de sedimentos de corriente en las marismas del Odiel para metales tóxicos que pudiesen tener efectos potenciales nocivos para la salud (Morillo et al., 2008).

Los mapas geoquímicos presentan las mayores zonas de enriquecimiento asociadas a la actividad antropogénica y a los ríos Tinto y Odiel (fig. 1).

CONCLUSIONES

El análisis factorial contribuyó a discriminar entre el origen geogénico y antropogénico de los metales en la zona de estudio. El probable origen geogénico de los elementos Co, Cr y Ni estaría asociado a las rocas básicas paleozoicas en la cuenca del drenaje de los ríos Tinto y Odiel. La composición geoquímica de los suelos está controlada por los procesos de precipitación y sorción para los elementos geogénicos, contrario al comportamiento de los metales antropogénicos donde no se presentan estas correlaciones.

Los suelos asociados a las zonas donde existe marcada actividad antropogénica presentan un baseline con una elevada concentración de elementos traza. Esta misma tendencia se

observa en los suelos próximos a los terrenos aluviales y las marismas debido a los aportes de los ríos Tinto y Odiel. Algunos elementos como el Cu, Hg y Zn se ven enriquecidos en las proximidades de la balsa de fosfoyesos. Desde el punto de vista ambiental la calidad de los suelos de Huelva presentan índices de concentración muy elevados que van desde una relación 2-10 veces mayor que los valores de fondo para los elementos Pb, Zn, Ag, As y Cd hasta 10 a 100 veces mayor para los elementos Cu y Hg. Para estos dos últimos elementos, su elevada concentración podría estar asociada a la actividad agrícola que se desarrolló en tiempos pasados con agroquímicos que contenían estos elementos en su formulación. La alta concentración de algunos elementos (valores medio: 34 ppm de Cu, 135.16 ppm de Pb, 306.08 de Zn, 61.61 de As, 0.81 ppm de Cd y 0.485 de Hg) sugiere que presumiblemente estén asociados a la actividad antropogénica facilitados por su alta movilidad.

Los niveles de concentración del área de estudio superan claramente los límites establecidos en otras legislaciones, por lo que se requieren realizar en el futuro estudios complementarios para identificar la especiación y biodisponibilidad de estos metales y medir la toxicidad de los elementos contaminantes. Los valores genéricos estimados para algunos metales contaminantes en ppm fueron: As 9.5, Cd, 0.15, Cu 20.08, Pb 36.49, Zn 50.19.

REFERENCIAS

Bech, J., Tume, P., Sokolovska, M., Reverter, F., Sánchez, P., Longan, L., Bech, J., Puente, A., & Oliver, T. (2008) Pedogeochemical mapping of Cr, Ni, and Cu in soils of the Barcelona Province (Catalonia; Spain): Relationship with soil physico-chemical characteristics *Journal of Geochemical Exploration* 96: 106-116

Fernández-Caliani, J.C., Barba-Brioso, C., González, I. & Galán, E., (2009). *Heavy Metal*

Pollution in Soils Around the Abandoned Mine Sites of the Iberian Pyrite Belt (Southwest Spain) Water Air Soil Pollut 200: 211-226.

Galán, E., Fernández-Caliani, J.C., González, I., Aparicio, A. & Romero, A. (2008) Influence of geological setting on geochemical baselines of trace in soils Application to soil of South-West Spain. *Journal of Geochemical Exploration* 98: 89-106

Iriarte, A., Bouza, P., Simón, M., Aguilar, J., Díez, M., Martín, F., & Sierra, M. (2007) Contaminación por metales pesados y arsénico e los suelos de la Ría de Huelva. *Tendencias Actuales de la Ciencia del Suelo*. (ed) N. Bellifanate & A. Jordan, Sevilla

Junta de Andalucía, 2004. Estudio de Elementos traza en suelos de Andalucía. *Consejería del Medio Ambiente. Versión electrónica* <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/>

Morillo, J., Usero, J., & Rojas, R. (2008) Fractionation of metals and As in sediments from a biosphere reserve (Odiel salt marshes) affected by acidic mine drainage. *Environ Monit Assess*, 139: 329-337

Plant, J., Smith, D., Smith, B. & Williams, L. (2001) *Environmental geochemistry at the global scale Applied Geochemistry* 16: 1291-1308.

R. D. 9/2005. por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.

Salminen, R. & Gregorauskiene, G. (2000). Considerations regarding the definition of a geochemical baseline of elements in the surficial materials in areas differing in basic geology. *Applied Geochemistry* 15: 647-653

Wedepohl, K. H., (1978). *Handbook of Geochemistry*. Springer-Verlag, Berlin.