

LA GEOQUÍMICA COMO HERRAMIENTA PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL ORIGEN DEL MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO

Geoquímica forense y calidad del aire

ANA MARÍA SÁNCHEZ DE LA CAMPA
ROCÍO FERNÁNDEZ-CAMACHO
YOLANDA GONZÁLEZ CASTANEDO

Unidad Asociada CSIC – Universidad de Huelva “Contaminación Atmosférica”, Centro de Investigación en Química Sostenible (CIQSO), Universidad de Huelva, E21071 Huelva, España.

Al igual que la medicina forense, la Geoquímica también puede emplearse como una herramienta encaminada a determinar el impacto ambiental a través del aire, agua o suelo. Normalmente se evalúa el daño y el origen del impacto. La Geoquímica forense es muy demandada por gestores de la calidad del medio ambiente, sobre todo por la gran presión social que impone el resolver daños en la naturaleza.

En las últimas décadas, el avance en líneas instrumentales de gran precisión y modernización empleando superordenadores han favorecido los estudios sobre calidad del aire en la Península Ibérica, sobre todo desde el punto de vista geoquímico.

El material particulado atmosférico (MPA) está constituido por un cóctel de partículas de distinta composición geoquímica y mineralógica y, en consecuencia, multi-origen. Normalmente, el MPA se clasifica según su origen natural y antropogénico. Desde un punto de vista natural, las partículas proceden de la resuspensión del suelo, aerosol marino y polvo mineral de origen silicatado derivado de los desiertos del Sáhara-Sahel. En el caso de las partículas antropogénicas, dominan las procedentes de las emisiones del tráfico (combustión y rodadura) y de origen industrial (refinerías de petróleo, metalurgia, cerámicas, etc.).

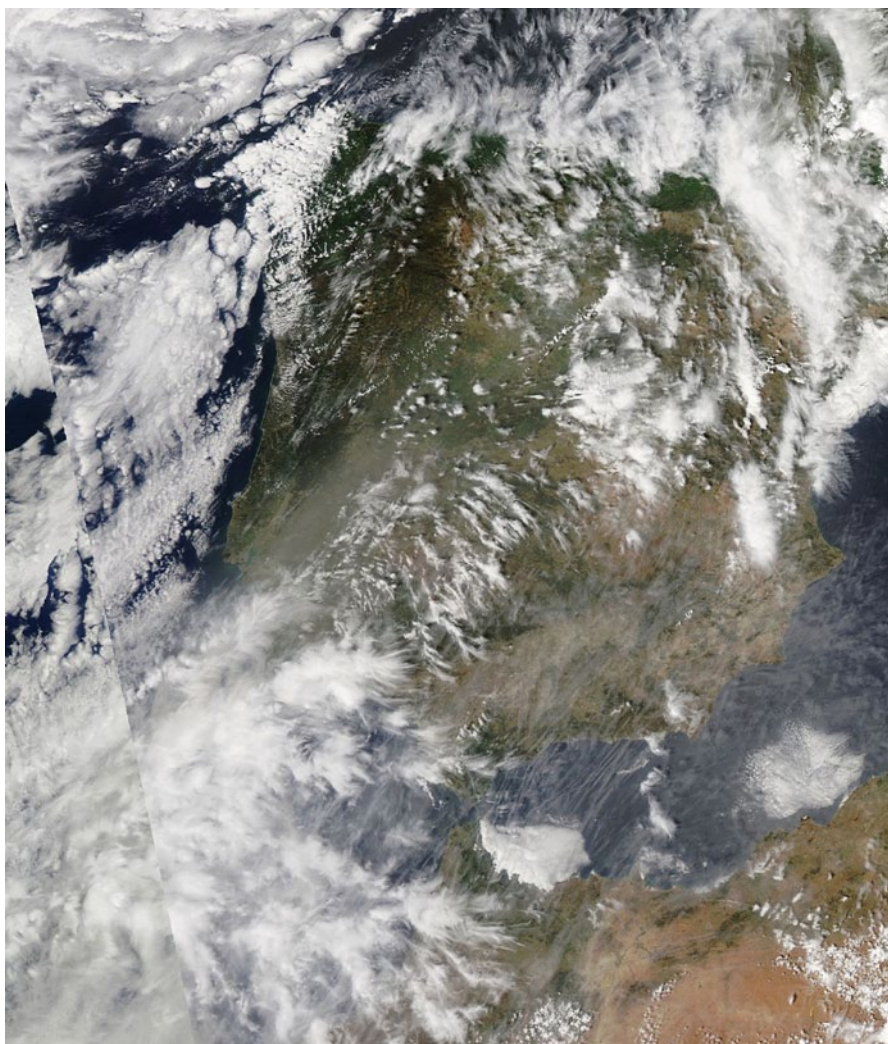


Figura 1. Imagen tomada desde el satélite Aqua para el día 17/05/12. (http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/index.php?subset=AERONET_El_Arenosillo).

De todos los orígenes, aquellos que inciden de forma negativa en la calidad son el polvo sahariano, el tráfico y las emisiones industriales.

Desde el año 2007 hasta hoy, la Unidad Asociada CSIC-Universidad de Huelva “Contaminación Atmosférica” es la encargada de elaborar los mapas de contaminación del aire de 65 elementos

y compuestos inorgánicos de 21 estaciones andaluzas. Dicho estudio, financiado por la Comunidad Autónoma, forma parte de los planes de calidad ambiental de Andalucía.

Polvo sahariano

La proximidad de la Península Ibérica al norte del continente africano la hace



Figura 2. Tubos de escapes: fuente de emisión principal de partículas en zonas urbanas.

vulnerable al impacto de masas de aire de origen desértico con importante carga de aerosoles. Su incidencia más inmediata es sobre la visibilidad y sobre la salud humana, agravando los casos de insuficiencia respiratoria y crisis asmática (Dockery y Pope, 1996; Schwartz et al., 1996; Prospero, 1999).

Entre los años 1996 y 2004, y debido a los ciclos de sequía persistentes que sufre la Península Ibérica y el Sur de Europa en general, el número e intensidad de estas intrusiones de masas de aire se ha incrementado en gran medida, conllevando un empeoramiento de la calidad del aire. Los desiertos del Sáhara-Sahel constituyen la fuente más importante y extensa de material particulado atmosférico del mundo, siendo de un gran interés el seguimiento de estas masas de aire y su impacto en Europa y América.

En trabajos publicados recientemente, los investigadores de la Unidad Asociada CSIC-UHU "Contaminación Atmosférica" han caracterizado estos eventos y el pronóstico de los mismos mediante herramientas multidisciplinarias, incluyendo modelos de transporte

y dispersión, geoquímica y mineralogía que son de gran ayuda para alertar a la población, a través de los gestores de la calidad del aire.

La fotografía tomada por el satélite Aqua muestra la extensión de una nube de polvo del Sáhara sobre la Península (Fig.1).

Emisiones del tráfico rodado

Las emisiones de los tubos de escape de los vehículos constituyen la fuente más importante de contaminación por MPA en ambientes urbanos (Fig. 2). Estudios recientes han puesto de manifiesto que las partículas emitidas por los vehículos son predominantemente ultrafinas ($<0.1 \mu\text{m}$). El muestreo de estas partículas ultrafinas en ciudades como Huelva, Sevilla, Barcelona o Santa Cruz de Tenerife ha sido pionero en el desarrollo de una metodología para monitorizar la contribución de las emisiones de los vehículos a las concentraciones de

partículas en suspensión. Este programa permite contabilizar partículas ultrafinas y black carbon u hollín, buen indicador de las emisiones de los automóviles, sobre todo diésel (Fernández-Camacho et al., 2010).

Las partículas ultrafinas emitidas por los automóviles están constituidas por gotas de ácido sulfúrico, hidrocarburos condensados y hollín. Se trata de azufre procedente del carburante, restos de combustible, carburante y aceite que no ha sufrido una combustión completa.

Actividad Industrial

Bailén es considerada una de las principales zonas productoras de la industria de Cerámicas y Ladrillos de España. Desde entonces y hasta la actualidad, la problemática ambiental de Bailén se enmarca en las superaciones de los distintos límites definidos por las normativas europeas y española (2008/50/CE y R.D. 1073/2002) para PM10.

La producción de ladrillos se realiza principalmente en "hornos Hoffman", usando una mezcla de coke (sólido car-

Figura 3. Imagen correspondiente a muestreos intensivos realizados próximos a los focos emisores: A) Alfarería tradicional (horno moruno) (imagen izquierda); B) Fábrica de ladrillos (horno Hoffman) (imagen derecha).



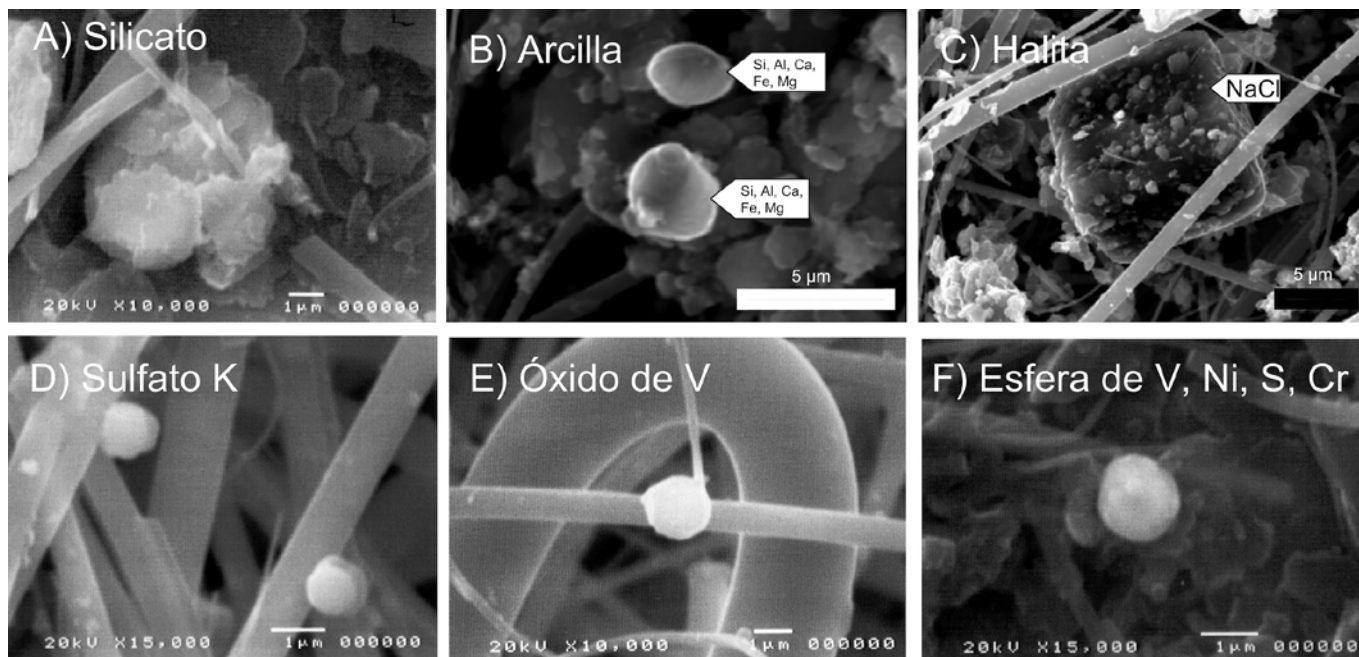


Figura 4. Imágenes de microscopio electrónico de barrido de partículas representativas de origen natural y antrópica: A) Silicato de Al-Ca-K; B) Arcilla; C) Cristal cúbico de halita; D) Sulfato K; E) Óxido de V; F) Partícula esférica de V, Ni, S y Cr.

bonáceo derivado del petróleo) y orujillo (residuo sólido de la industria del aceite de oliva). En los talleres artesanales se emplea madera de pino como principal fuente de combustión en el horno (Fig. 3).

Entre los años 2003 y 2008, se han observado altos niveles de material particulado atmosférico en suspensión (fracción de tamaño inferior a 10 micras), vanadio, níquel y sulfato (Sánchez de la Campa et al., 2010).

Dentro de las múltiples herramientas empleadas para el estudio del material particulado atmosférico (MPA) está la caracterización química mediante el muestreo de penachos de emisión

de las diversas industrias. El análisis mediante microscopía electrónica de barrido con un detector de electrones secundarios (SEM-EDS) informa de la forma y composición del MPA. En general las partículas de origen desértico son principalmente de composición silicatada (arcilla y cuarzo), con una morfología subredondeada resultado de la erosión eólica. También se identifican la presencia de feldespatos, carbonato y sal marina (Fig. 4). Entre las

partículas antrópicas identificadas en Bailén destacan las de composición silicatada (Ca-Al-K), partículas esféricas de óxidos de vanadio y hierro, y partículas esféricas de combustión ricas en V, Ni, S y Cr (Fig. 4). ●

Referencias

- 2008/30/CE (DIRECTIVA EUROPEA 2008). Council Directive on ambient air quality and cleaner air for Europe. The Council of the European Union.
- Dockery, D. y Pope, A. (1996). Epidemiology of acute health effects: summary of time-series studies. En: Willson, R., Spengler, J.D. (Eds.), *Particles in Our Air: Concentration and Health Effects*. Harvard University Press, Cambridge, MA, USA, 123-147.
- Fernández-Camacho, R., Rodríguez, S., de la Rosa, J., Sánchez de la Campa, A.M., Viana, M., Alastuey, A. y Querol, X. (2010) Ultrafine particle formation in the inland sea breeze airflow in Southwest Europe. *Atmospheric Chemistry Physics*, 10, 9615-9630.
- Prospero, J.M. (1999). Long-term measurements of the transport of African mineral dust to the southeastern United States. Implications for regional air quality. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 104, 15917-15927.
- Sánchez de la Campa, A.M., de la Rosa, J.D., González-Castanedo, Y., Fernández-Camacho, R., Alastuey, A., Querol, X. y Pio, C. (2010). High concentrations of heavy metals in PM from ceramic factories of Southern Spain. *Atmospheric Research*, 96, 633-644.
- Schwartz, J., Dochery, D.W. y Neas, L.M (1996). Is daily mortality associated specifically with fine particles? *Journal of Air and Waste Management Association*, 46, 927-939.
- REAL DECRETO 1073/2002, de 18 de Octubre, sobre la evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono. BOE 260, 38020-38033.