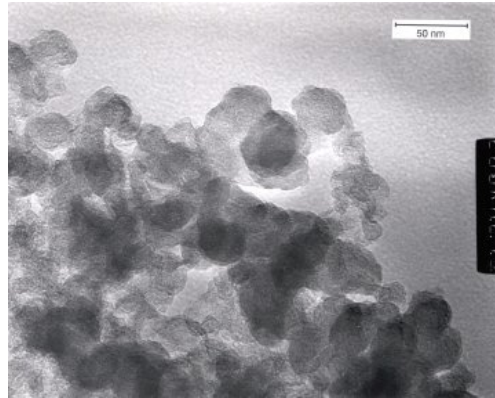


Aerosoles atmosféricos: problemas ambientales

Teresa Moreno



Partículas de Diesel. Escala: 50nm. Fuente: http://www.k12science.org/curriculum/airproj/pm_size.html

Los aerosoles atmosféricos son pequeñas partículas ($< 100 \mu\text{m}$) sólidas o líquidas presentes en suspensión en la atmósfera. Además de ser generados por eventos naturales como las tormentas de arena o las erupciones volcánicas, estos aerosoles son también emitidos en grandes cantidades por actividades de origen antropogénico, alcanzando niveles que afectan tanto al clima como a la salud humana. El efecto climático se produce bien de una manera directa por fenómenos de absorción y dispersión de la radiación solar, como indirectamente al funcionar como núcleos de condensación que modifican las propiedades radiativas y la persistencia de las nubes. Los efectos en la salud humana se deben al hecho de que los aerosoles inferiores a $10 \mu\text{m}$ pueden ser fácilmente inhalados y por lo tanto son potencialmente dañinos para las funciones tanto pulmonar como cardiovascular.

Hemos entrado en el siglo XXI con el legado de numerosos trabajos sobre aerosoles atmosféricos, muchos relacionados con la inhalación de excesivas cantidades de materia mineral patogénica en determinados tipos de trabajos. Hemos progresado mucho en el control de emisiones, tanto en los lugares de trabajo como por ejemplo las relacionadas con el consumo de carbón que produjeron los episodios de *smog* en Londres en los años 1950-1952.



Imágenes de Londres durante el episodio de polución en Diciembre de 1952, que causó la muerte prematura de 4700 personas.

Fuentes:

<http://www.npr.org/programs/atc/features/2002/dec/londonfog/bobby.html>

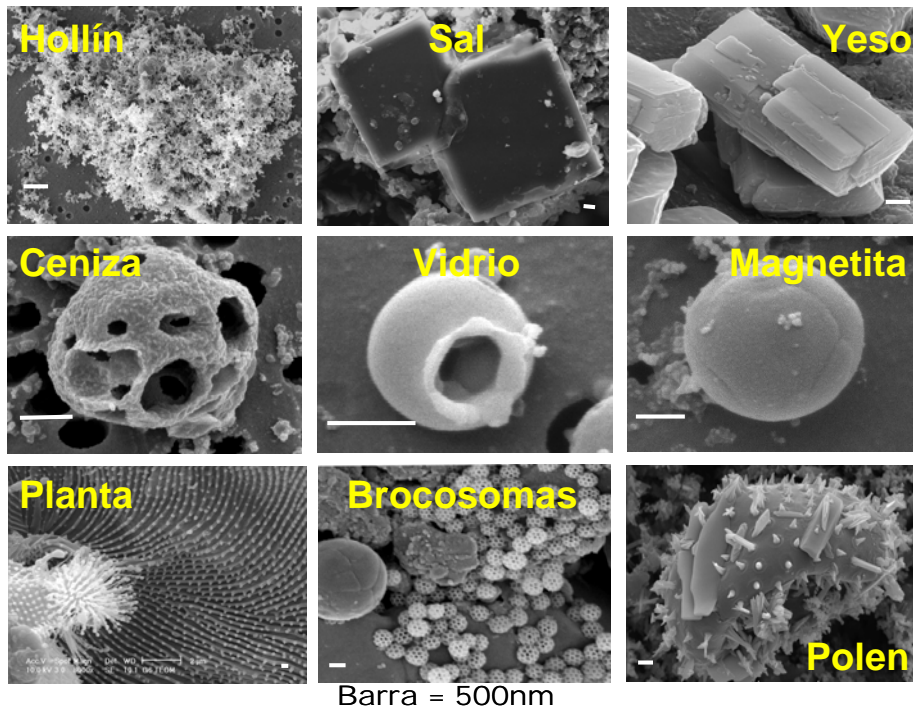
<http://www.portfolio.mvm.ed.ac.uk/studentwebs/session4/27/greatsmog52.htm>

Sin embargo, el dramático incremento en las emisiones de tráfico en los últimos 50 años es responsable de un nuevo y serio problema de polución, especialmente en las ciudades, y es mencionado frecuentemente en la prensa: "desde 1990 el transporte en España ha incrementado sus emisiones un 80%" (El País

19/11/2006). En la última década detallados estudios epidemiológicos, basados en datos de medición tomados durante décadas, han finalmente probado que la inhalación del aire contaminado en las ciudades causa no solo efectos temporales (como ataques de asma) sino también crónicos que reducen la vida media de las personas (8 meses/persona en Europa).

El tamaño de estas partículas puede variar en hasta cuatro órdenes de magnitud, estando la fracción más fina dominada por compuestos carbonosos, y la más gruesa por silicatos y sal marina. El material particulado (PM) de mayor tamaño entra en la atmósfera directamente mediante mecanismos de resuspensión desde la superficie terrestre o marina y se le define por tanto como "primario". Por el contrario, la mayoría del PM más fino forma núcleos en la atmósfera a partir de reacciones que involucran gases precursores (conversión gas-partícula) y se definen por tanto como "secundarios". En general el PM está compuesto por proporciones variables de:

- **Partículas carbonosas:** que incluye carbono elemental y carbono orgánico. El hollín por ejemplo, producido por la combustión de hidrocarburos, se forma por la coagulación de esferas nanométricas de microcristales grafiticos recubiertos por compuestos orgánicos, sulfatos y metales. Los niveles mas elevados de carbono en España se registran en las ciudades de mayor tamaño donde debido al tráfico la media anual suele alcanzar valores de hasta $10-15 \mu\text{m}/\text{m}^3$.
- **Sulfatos y nitratos:** la mayoría se forman como aerosoles secundarios de tamaño muy fino, como resultado de la oxidación de un gas precursor (SO_2 y NO_2) formando ácidos que son luego neutralizados a sulfato y nitrato amónico. En España los niveles más elevados de sulfatos se registran en puntos negros industriales y de tráfico ($6-7 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mientras que los nitratos ($4-6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) son más elevados en la costa oriental, probablemente consecuencia de los altos niveles de amoniaco registrados en el área debido a la intensa actividad agrícola.
- **Cloruros:** la mayoría tienen la composición de halita (NaCl), producidos a partir de la rotura de burbujas al llegar a la superficie del océano. Estos aerosoles presentan niveles predeciblemente bajos en el interior de la península Ibérica ($1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), pero registran valores de al menos el doble en las localidades costeras, excediendo los $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en las Islas Canarias.
- **Materia mineral:** mayormente silicatos (como cuarzo y arcillas), oxi-hidróxidos de Fe (como goethita, limonita), y carbonatos (como calcita, dolomita). La materia mineral de origen natural (geológico) incluye el polvo desértico y el producido en erupciones volcánicas, mientras que el de origen antropogénico está ligado principalmente a fenómenos de resuspensión por el tráfico rodado, trabajos de construcción/demolición, y/o emisiones de tipo industrial. España, con un clima árido en el sur y una localización próxima al continente africano, presenta elevados niveles de materia mineral que frecuentemente superan los $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como media anual.



Imágenes de material particulado tomadas con el microscopio electrónico de barrido (Teresa Moreno).

Los desafíos más importantes que encontramos al estudiar los aerosoles atmosféricos son (i) la obtención de muestras representativas, (ii) su caracterización física y química, (iii) la identificación de las fuentes de los diferentes componentes, y (iv) el estudio de sus efectos en la atmósfera y biosfera. Los equipos empleados en la actualidad para **muestrear** aerosoles son cada vez más sofisticados, y permiten un muestreo continuo de PM de diferentes tamaños (PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_1), así como el conteo de número de partículas. En relación con la **caracterización** del PM es preciso utilizar una serie de técnicas analíticas tales como el microscopio electrónico de barrido (SEM) para obtener imágenes y análisis de partículas individuales, la difracción de rayos X (DRX) para la identificación de minerales, o el plasma acoplado por inducción (ICP) para el contenido en elementos mayores y traza, de manera que se genere una información lo más completa posible sobre la composición de la muestra. Las **fuentes** de contaminantes pueden entonces ser identificadas a través de las características químicas de cada muestra, tanto naturales (p.ej. la mineralogía del polvo de zonas áridas) como antropogénicas (p.ej. metales presentes). Por último la contribución relativa en masa de cada fuente de emisión puede calcularse aplicando modelos receptores como por ejemplo el Análisis de Componentes Principales y Regresión Multilineal, y así identificar las fuentes de contaminantes más importantes.

Documentos consultados

- Escudero, M., Castillo, S., Querol, X., Avila, A., Alarcón, M., Viana, M.M., Alastuey, A., Cuevas, E. y Rodríguez, S. (2005). Wet and dry African dust episodes over Eastern Spain. *Journal of Geophysical Research* **110**, 4731-4746.
- Hoek, G., Brunekreef, B., Goldbohm, S., Fischer, P. y van den Brandt, PA. (2002). The association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in a Dutch cohort study. *Lancet* **360**, 1203-1209.
- Moreno, T., Querol, X., Alastuey, A., Viana, M. y Gibbons, W. (2005). Exotic dust incursions into central Spain: implications for legislative controls on atmospheric particulates. *Atmospheric Environment* **39**, 6109-6120.

- Moreno, T., Querol, X., Alastuey, A., Viana, M., Salvador, P., Sánchez De La Campa, A., Artiñano, B., De La Rosa, J. y Gibbons, W. (2006). Variations in atmospheric PM trace metal content in Spanish towns: illustrating the chemical complexity of the inorganic urban aerosol cocktail. *Atmospheric Environment* **40**, 6791-6803.
- Pope, CA., Burnett, RT., Thurston, GD., et al. (2004). Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution. *Circulation* **109**, 71-77.
- Querol, X., Alastuey, A., Moreno, T., Viana, M.M., Castillo, S., Pey, J., Rodríguez, S., Artiñano, B., Salvador, P., Garcia Dos Santos, S., Herce Garraleta, M.D., Fernandez Patier, R., Moreno, S., Minguillón, M.C., Monfort, E., Palomo, R., Pinilla, E.R. y Cuevas, E. Spatial and Temporal Variations in Airborne Particulate Matter (PM10 and PM2.5) across Spain 1999-2005. *Atmospheric Environment*. En prensa.
- WHO. (2006). Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution. Joint WHO/Convention Task force on the Health Aspects of Air Pollution, 2006. European Centre for Environment and Health Bonn Office. <http://www.euro.who.int/document/E88189.pdf>.

Volver a Temas Ambientales