



Intrusiones africanas: Programas de observación y proyectos de investigación

E. Cuevas

Observatorio Atmosférico de Izaña - Instituto Nacional de Meteorología

Las pequeñas partículas que se encuentran en suspensión en la atmósfera (material particulado atmosférico –MPA-) juegan un papel crucial por sus efectos adversos sobre la salud, por su gran capacidad para reducir la visibilidad, y por su importante forzamiento radiativo. Por todo ello el MPA ha cobrado un gran interés hoy día tanto en el desarrollo de políticas de control de la calidad del aire (contaminación) así como en la investigación del clima. A escala global, la fracción mineral es el componente mayoritario de MPA. El IPCC (1996) estima unas emisiones naturales de partículas crustales del orden de 1500 millones de toneladas anuales. El transporte a larga distancia del material particulado crustal se produce cuando se generan procesos masivos de resuspensión en zonas áridas como las presentes en el norte de África. Dada la enorme proximidad de la península Ibérica y de los dos archipiélagos a ésta región fuente, los procesos de transporte de material particulado influyen de manera decisiva sobre nuestra atmósfera.

1. Introducción

El fenómeno de la incorporación de polvo mineral en la atmósfera repercute en varios aspectos de importancia capital para el hombre. Por un lado, el polvo en suspensión implica: 1) una pérdida de la calidad del aire con efectos sobre la salud humana, 2) una pérdida de visibilidad que puede afectar a las comunicaciones y 3) tiene un efecto radiativo importante con considerable influencia sobre el clima. Por otro lado, la deposición de este material, tanto en océanos como en ecosistemas terrestres, tiene unas repercusiones muy importantes en: 1) los ciclos biogeoquímicos fundamentales y en la dinámica de los nutrientes, así como en la formación de suelo o depósitos de yeso o caliza en lugares con fuerte impacto y 2) la neutralización de suelos o lagos en fase de acidificación.

Por lo que se refiere al impacto sobre la salud humana, numerosos estudios epidemiológicos han demostrado que existe una clara asociación entre las concentraciones de material particulado inferior a 10 μm (PM10) y el número de muertes y hospitalizaciones diarias debidas a enfermedades de base pulmonar y cardiaca. La Organización Mundial de la Salud ha estimado que el gasto que supone para determinados gobiernos Europeos la cobertura de los ingresos hospitalarios y las bajas laborales asociadas a los efectos de la contaminación atmosférica por partículas supera los 6000 millones €/año.

Asimismo se sabe que los aerosoles atmosféricos influyen sobre el balance de radiación global, con implicaciones importantes sobre el clima. Se han publicado resultados que manifiestan que la acción de estas partículas puede ser equivalente a la provocada por los gases de efecto invernadero pero de signo inverso (de -0.3 a $-3,5$ W/m^2 , Díaz et al, 2000, Díaz et al., 2001). Por todas estas razones y por el lugar estratégico que ocupa el Observatorio de Izaña (IZO) y su estación complementarias en Santa Cruz (SCO) y el faro de Punta del Hidalgo (HPO), es por lo que la investigación de invasiones africanas y de los aerosoles particulados que las caracterizan ha constituido desde hace años una línea prioritaria de investigación en el Observatorio Atmosférico de Izaña (OAI).

2. Programas de observación y proyectos de investigación sobre aerosoles

El primer programa de medida sistemático y continuo para el estudio de aerosoles particulados fue el establecido en 1989 en el marco del proyecto " The Atmosphere-Ocean Chemistry Experiment" (AEROCE) por la Universidad de Miami y financiado por la NSF (National Science Foundation, EEUU),



aunque algunas medidas fueron ya realizadas en la década de los setenta. Con este programa se realiza un completo estudio del material particulado gracias al análisis de filtros de los que se obtenía un gran número de especies tanto antropogénicas como naturales (nss-SO_4^- , NO_3^- , NH_4^+ , especies de agua marina), así como Al para determinar la contribución de aerosol mineral, otros metales indicativos de fuentes de contaminación antrópica (Sb, Zn, Rb, Se) y trazadores radioactivos como Be^7 y PB^{210} para distinguir la procedencia de masas de aire. El principal objetivo de este programa de medidas que finalizó en 1998 fue el de estudiar las fuentes, transporte, transformaciones y flujos de trazadores de importancia geoquímica sobre el Atlántico Norte. IZO fue una de las cuatro estaciones de este programa junto con Barbados, Bermuda y Mace-Head (Irlanda). En este largo programa se han publicado numerosos e importantes resultados (por ejemplo, Prospero et al. 1995). Utilizando parte de los resultados Cuevas (1995) realiza un estudio conjunto de aerosoles particulados y ozono troposférico como trazadores de masas de aire. Justo después de comenzar el Proyecto AEROCE se inicia también en 1989 un proyecto complementario con el Departamento de Química Analítica de la Universidad de La Laguna para la medida en IZO de metales pesados en aire mediante el análisis de filtros, que dura unos dos años (Montelongo et al., 1991). En julio de 1994 y 1995 se llevan a cabo las primeras campañas intensivas de aerosoles en IZO y HPO, dentro del "Aerosol Characterization Experiment" (ACE) liderados por el Joint Research Center (JRC, Ispra-Comisión Europea). Estas campañas intensivas en las que también participó AEROCE fueron preparativas para una gran campaña de medidas a gran escala en la que se utilizaron aviones de investigación y que se celebró del 16 de junio al 24 de julio de 1997. De ésta importante campaña, de la que se puede obtener información detallada en <http://www.ei.jrc.it/ace2/page1.html>, se publicaron numerosos resultados (por ejemplo, Raes et al. 1997).

Las primeras medidas sistemáticas de espesor óptico de aerosoles (EOA) se inician en el Observatorio de Izaña en 1993 utilizando un fotómetro solar PMOD desarrollado en el "World Radiation Center" (WRC, Suiza) (Díaz et al. 2001). Posteriormente se instalaron otros instrumentos para la determinación de EOA tanto en IZO (fotómetro solar CIMEL) como en SCO (radiómetro multifiltro de banda rotante -MFRSR- y fotómetro solar PMOD-Rocket), caracterizando este parámetro tanto en la troposfera libre como en la capa de mezcla marina (Romero et al., 2002). Desde febrero de 1997, aunque con periodos de interrupción importantes, se mide la distribución de tamaños de partículas en el rango submicrométrico (3nm -1 μ) con un contador de partículas de condensación (CNC) TSI-3025 con un "Scanning Mobility Particle Sizer" (SMPS) TSI-3934.

En junio, julio y agosto de 2002 tiene lugar en IZO la mayor campaña de medidas intensiva para la caracterización de los aerosoles africanos que jamás ha tenido lugar a nivel internacional. Esta campaña fue financiada por el proyecto europeo MINATROC ("MINeral dust And TROpospheric Chemistry"), y coordinada por el Joint Research Center (JRC, Ispra-Comisión Europea). En dicha campaña participaron siete grupos de investigación, y más de 30 investigadores de Alemania, Francia, Italia y de la Comisión Europea (JRC, Ispra). De esta campaña se han obtenido numerosos resultados publicados recientemente en la "2nd Workshop on Mineral Dust" que tuvo lugar en París, 10-12 Septiembre 2003, y que se pueden obtener en www.lisa.univ-paris12.fr/DUST2003/.

Actualmente se está desarrollando el Proyecto I2A2 (Impacto de las Intrusiones Atmosféricas Africanas en la calidad del aire de Canarias y de la Península Ibérica), financiado por el Plan nacional de I+D y en colaboración con el Instituto de Ciencias de la Tierra del CSIC en Barcelona, la Universidad de La Laguna y el CREAM (Universidad de Barcelona). Este es un proyecto de investigación pluridisciplinar que pretende elaborar un modelo conceptual descriptivo para la interpretación de los eventos de intrusiones de masas de aire del Norte de África con altos niveles en material particulado atmosférico. En el marco de este proyecto se están realizando hoy días medidas del EOA en IZO y

SCO, determinación del número de partículas en suspensión y su distribución por tamaños así como determinación química y mineralógica de material particulado muestreado en filtros con captadores de alto volumen en SCO e IZO (Viana et al. 2002).

En junio de 2002, en modo experimental, se instala un lidar de aerosoles MPL (Micropulse lidar) del Área de Instrumentación e Investigación Atmosférica del INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial) con el fin de caracterizar y estudiar, entre cosas, el perfil vertical de aerosoles en la atmósfera, prestando una especial atención a las invasiones africanas sobre Canarias. Se espera que este programa se encuentre completamente operativo a finales de 2003, ya que en la primavera del 2004 será utilizado para validar el sensor OMI que volará a bordo del satélite EOS CHEM-1 ("Earth Observing Satellite Chemistry"). En cuanto a la caracterización de masas de aire africanas, se han realizado varios estudios climatológicos, utilizando trayectorias isentrópicas diarias tanto en la troposfera libre como en la capa mezclada marina en Tenerife (Cuevas, 1995; Torres et al. 2002).

En septiembre de 2003 se ha firmado un acuerdo entre el Ministerio de Medio Ambiente y el Instituto de Ciencias de La Tierra "Jaume Almera" por un periodo de 3 años en el que el Observatorio Atmosférico de Izaña es el encargado de realizar los análisis meteorológicos de los eventos en los que se detectan invasiones de aire africano sobre la Península Ibérica y ambos archipiélagos, y que podrían contribuir a la superación de los niveles máximos de la concentración de partículas establecido por la Directiva europea. Actualmente se mide, tanto en Izaña como en Santa Cruz, de manera continua la distribución de partículas por tamaños con espectrómetros GRIMM 1108, con determinación de TSP, PM_{2.5} y PM₁₀.

3. Referencias

- Cuevas, E., Estudio del Comportamiento del Ozono Troposférico en el Observatorio de Izaña (Tenerife) y su Relación con la Dinámica Atmosférica, *Memoria de Tesis Doctoral*, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, disponible en CD, ISBN 84-669-0399-2, 1995.
- Díaz, J.P., F.J. Expósito, C.J. Torres, V. Carreño, A. Redondas, Simulations of the mineral dust effect on the UV radiation levels, *J. of Geophys. Res.*, 105, D4, 4979-4992, 2000.
- Díaz, J. P., F. Expósito, C.J. Torres, F. Herrera, J.M. Prospero, M.C. Romero, Radiative properties of aerosols in Saharan dust outbreaks using ground-based and satellite data: Applications to radiative forcing, *J. Geophys. Res.* Vol. 106, No. D16, p. 18,403., 2001.
- Montelongo, F. G., V.V. Castro, L. Galindo, E. Cuevas, Metals in airborne particulates at Izaña Baseline Observatory, Tenerife (Spain): A preliminary study. *Proceedings of International Conference on Environmental Pollution*, Vol I, 394-400; Edited by B. Nath, 1991.
- Prospero, J.M., R. Schmitt, E. Cuevas, D. Savoie, W. Graustein, K. Turekian, A. Volz-Thomas, A. Diaz, S. Oltmans, H. Levy-II, Temporal Variability of Summer-time Ozone and Aerosols in the Free Troposphere over the Eastern North Atlantic, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 21, 2925-2928, 1995.
- Raes, F., R. Van Dingenen, E. Cuevas, P. Van Velthoven, J. M. Prospero, Observations of aerosols in the free troposphere and marine boundary layer of the subtropical N.E. Atlantic: discussion of the processes determining their size distribution, *J. Geophys. Res.*, Vol 102, D17, 21315-21328, 1997.
- Romero, P.M., M^a C. Romero, y E. Cuevas, Espesor óptico de aerosoles a partir de medidas directas al sol y de medidas de irradiancia global y difusa, Comparación, *Proc. 3^a Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica*, Valencia, 4-8 febrero, 2002.
- Torres, C., E. Cuevas y J. C. Guerra, Caracterización de la capa de mezcla marítima y de la atmósfera libre en la región subtropical sobre Canarias, *Proc. 3^a Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica*, Valencia, 4-8 febrero, 2002.
- Viana, M., X. Querol, A. Alastuey, E. Cuevas, and S. Rodríguez, Influence of African dust on the levels of atmospheric particulates in the Canary Islands air quality network, *Atmos. Environ.*, 36/38, 5861-5875, 2002.