

# Transporte de polen a grandes distancias

JORDINA BELMONTE SOLER<sup>1</sup>, MARTA ALARCÓN JORDAN<sup>2</sup>, REBECA IZQUIERDO MIGUEL<sup>1,3</sup>, ANNA ÁVILA CASTELLS<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Unitat de Botànica i Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA), Edifici C, Universitat Autònoma de Barcelona

<sup>2</sup> Departament de Física i Enginyeria Nuclear, Universitat Politècnica de Catalunya

<sup>3</sup> Centre de Recerca Ecològica i d'Aplicacions Forestals (CREAF), Edifici C, Universitat Autònoma de Barcelona

## INTRODUCCIÓN

El material biológico de pequeño tamaño, como bacterias y virus, esporas fúngicas, polen y semillas de pequeño tamaño puede hallarse suspendido en la atmósfera y ser transportado por el viento a grandes distancias. Bajo determinadas circunstancias meteorológicas concretas, grandes cantidades de este material puede ser inyectado a la atmósfera y ser transportado a distancias de centenares o miles de kilómetros<sup>1</sup>. Actualmente, la distribución y transporte de este material biológico a lugares lejanos está recibiendo mucha atención debido a las importantes consecuencias que tiene en aspectos como: 1) el transporte de patógenos, 2) la expansión de las áreas biogeográficas de diversos organismos, y 3) los efectos de la dispersión de polen alergénico en la salud humana.

Aunque en la obra que nos ocupa el aspecto más interesante a tratar son las posibles alergias respiratorias desencadenadas por transporte de polen y esporas alergénicos a grandes distancias, es interesante también citar que, dado que el grano de polen contiene en su interior el gámeto masculino, este transporte puede también tener efecto sobre la genética de las poblaciones. Para la mayoría de plantas, el polen juega un importante papel en la estructuración genética de las poblaciones<sup>2</sup>, siendo responsable del flujo génico<sup>3,4</sup>. También contribuye a la distribución espacial de las especies<sup>3,5,6,7</sup>. El estudio de la dispersión de genes por el polen tiene importantes aplicaciones en campos como la biogeografía vegetal y la teoría de conservación biológica. De ahí la conveniencia de conocer los mecanismos de dispersión de polen para una gestión adecuada de especies vegetales en paisajes crecientemente fragmentados. Específicamente, la dispersión del polen es un proceso crucial en el ciclo vital de plantas de polinización anemófila.

Las autoras postulan que cuando se detectan fenómenos de transporte a larga distancia, los estudios aerobiológicos pueden también contribuir a la interpretación de resultados obtenidos en estudios de diversidad genética que muestran similitudes entre poblaciones disjuntas y alejadas, así como pueden resultar útiles también en la interpretación de registros paleo-palinoológicos<sup>8</sup>.

Varios estudios palinoológicos han analizado la dispersión aérea del polen. Este transporte puede variar desde unos pocos metros hasta miles de kilómetros. Como marco para describir la escala de dispersión, Prentice<sup>9</sup> propuso una clasificación espacial desde una escala local, que comprendería una superficie del orden de unos 20 m de radio hasta una escala extra-regional para distancias mayores que 200 km. El transporte a larga distancia de polen y esporas a escalas extra-regionales ha recibido mucha atención recientemente. Por ejemplo, en las islas Barbados (Mar del Caribe) se han recolectado microorganismos y esporas viables provenientes de África que llegaban en penachos de polvo sahariano que habían cruzado el océano Atlántico cubriendo una distancia de unos 4000 km<sup>10</sup>. Asimismo, se ha muestreado material biológico junto a polvo mineral africano en Francia<sup>11</sup> y

en lugares tan alejados de África como Escandinavia<sup>12</sup>. Otros trabajos han estudiado el transporte a larga distancia en otras zonas del planeta. Por ejemplo, Hjelmroos<sup>13</sup> encontró pólenes originarios de la zona mediterránea en Fenoscandia (o Escandinavia y Finlandia), así como varios autores han encontrado en el Ártico pólenes de árboles que forman bosques en la zona boreal, de latitudes mucho más bajas<sup>14,15,16,17</sup>. En la Antártida<sup>18</sup> (Wynn-Williams, 1991) y en Australia<sup>19</sup> también se han descrito incursiones de pólenes transportados desde zonas muy alejadas.

Estudios recientes han hecho hincapié en el transporte a larga distancia de pólenes alergénicos<sup>13,20,21</sup>. En determinadas circunstancias, este transporte a gran distancia puede causar picos de polen previos (o posteriores) a los picos habituales previstos con la vegetación local, debido a que la floración y polinización en las zonas de origen de las masas de aire sea avanzada (o retrasada) respecto de la zona receptora<sup>22</sup>. Si las predicciones de picos para pólenes alergénicos se realizan únicamente en base a los datos locales, pueden no preverse episodios importantes de llegada de polen de zonas lejanas, lo que dificulta la protección de pacientes susceptibles a estos alérgenos. Por ello, es necesario incluir la modelización del transporte atmosférico a larga distancia en los protocolos de predicción.

La Xarxa Aerobiològica de Catalunya (XAC) ha publicado dos artículos sobre pólenes alérgenos detectados en sus estaciones de muestreo procedentes, en ambos casos, de Centroeuropa. En ambos casos, la presencia de picos simultáneos en la mayoría de estaciones de muestreo catalanas de pólenes raros o habitualmente poco abundantes ha sido el detonante para analizar un posible fenómeno de transporte a larga distancia. El primer estudio<sup>23</sup> mostraba cómo unas condiciones inusuales de circulación atmosférica produjeron un influjo de aire desde la región de Lyon (Francia) que aportó polen de *Ambrosia coronopifolia* (ambrosía, “ragweed” en inglés, planta abundante en la región lionesa) a Catalunya el día 8 de septiembre de 1996. En el segundo caso<sup>8</sup> se muestra cómo las notables concentraciones de polen de *Fagus sylvatica* (haya) registradas en torno al día 17 de mayo de 2004 tienen también un origen centroeuropeo. En este caso, además de las retro-trayectorias, se ha estudiado también el movimiento mesoscalar del viento para describir el flujo sinóptico responsable del transporte en los días de la llegada del polen y se ha aplicado un modelo de fuente-receptor para inferir las zonas fuente probables que nos expliquen los picos de polen registrados en Catalunya.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Muestreo aerobiológico

El método de muestreo aerobiológico más adecuado para registrar fenómenos de transporte a larga distancia es el método Hirst<sup>24</sup>, dada su forma de captura secuenciada de las partículas atmosféricas.

En el método Hirst, volúmenes conocidos de aire son forzados a entrar en el captador y, cuando lo hacen, chocan contra una superficie (cinta plástica) untada con sustancias adhesivas donde quedan retenidas las partículas aerotransportadas. La superficie adhesiva está montada sobre un tambor. Cada semana, a una hora conocida, se coloca el tambor en una posición de partida determinada. El tambor con la superficie adhesiva permanece una semana dentro del captador, girando lentamente al ritmo (2 mm/hora) que le impone un mecanismo de relojería asociado. Cuando el tambor se extrae del captador para sustituirlo por otro que recoja las muestras siguientes, se separa de él la superficie adhesiva con las muestras correspondientes a la semana. Esta cinta se manipula cuidadosamente para cortarla en las porciones correspondientes a cada día y confeccionar con cada una de ellas una muestra para analizar al microscopio óptico. Se obtiene así una muestra por día que, si se quiere, se puede analizar también con precisión horaria. Para más detalles sobre la metodología, se puede consultar Belmonte y Roure<sup>25</sup>.

## Transporte atmosférico

La procedencia de las masas de aire que transportan el polen se ha determinado mediante el cálculo de retrotrayectorias (trayectorias hacia atrás en el tiempo) atmosféricas. En los casos que se describen a continuación, se han calculado retrotrayectorias isentrópicas (adiabáticas) a 1500 m, que se originan a las 12 UTC en los puntos correspondientes a las coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo. Para ello se ha utilizado el modelo HYSPLIT-4 (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory model) del NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html> <sup>26</sup>).

## Regiones fuente

Para identificar las regiones fuente en las que se origina el polen que en determinadas circunstancias produce valores altos en las estaciones de Catalunya, se ha utilizado un modelo estadístico que combina los datos de concentración de polen en las estaciones receptoras con las coordenadas de los puntos por los que han pasado las trayectorias que llegan a estas estaciones. Esta metodología, llamada ‘fuente-receptor’, establece relaciones entre un punto receptor y las probables áreas fuente mediante la asociación de cada valor de concentración de polen a su correspondiente retrotrayectoria. Para ello se superpone una cuadrícula con 2601 celdas de 1° x 1° de latitud/longitud a la región de integración de las trayectorias. En cada celda se calcula una concentración media logarítmica de polen a partir del tiempo de residencia de las trayectorias en cada celda y de la cantidad que transportan, a partir de la expresión:

$$\log C_{ij} = \frac{\sum_l n_{ijl} \log C_l}{\sum_l n_{ijl}}$$

donde  $C_{ij}$ : es la concentración en la celda (i,j), l es el índice de la trayectoria,  $n_{ijl}$  es el número de pasos temporales de la trayectoria l en la celda (i,j), y  $C_l$  es la concentración de polen medida en el punto receptor correspondiente a la trayectoria l. Para este cálculo se utilizaron retrotrayectorias diarias desde el 1 de abril al 30 de junio durante el período de 10 años 1997-2006 (720 trayectorias). El paso temporal de integración de las trayectorias fue de 60 minutos que proporciona un total de 69120 segmentos de trayectoria. Para minimizar la incertidumbre de las trayectorias se aplicó un método de suavizado, de manera que el valor de cada celda fue reemplazado por el promedio entre la celda y las ocho celdas colindantes. Finalmente, se aplicó un filtro para excluir las celdas con menos de 5 segmentos de trayectoria. El mapa de concentración obtenido así refleja la contribución de cada celda a la concentración en el punto receptor.

## RESULTADOS

Presentamos a continuación unos casos de transporte de polen a larga distancia que han afectado a estaciones de Catalunya y las islas Canarias. En concreto, describiremos: 1) un episodio de transporte de polen de ambrosía (*Ambrosia coronopifolia*) desde Francia a Catalunya el día 8 de septiembre de 1996, 2) el transporte de polen de haya (*Fagus sylvatica*) desde la zona de los Vosgos-Selva Negra (norte de Francia-Sudoeste de Alemania) a Catalunya el día 16 y 17 de mayo de 2004, y 3) el transporte de polen de *Quercus* tipo perennifolio y de olivo-acebuche (*Olea*) desde el Norte de África (Atlas marroquí) a Santa Cruz de Tenerife e Izaña en el mes de mayo de 2007.

## Episodio de transporte de polen de Ambrosia

El género *Ambrosia* está presente en la flora catalana pero es poco común y las concentraciones de polen de tipo *Ambrosia* que constan en la base de datos de la XAC<sup>27</sup> son habitualmente muy bajas. Es bien sabido en el ámbito alergológico que el polen de *Ambrosia* es altamente alergénico y causa importante de problemas respiratorios donde está presente. De ahí el seguimiento que se hace de sus niveles en la atmósfera, aún a pesar de la escasez de la planta en nuestro territorio. En los días 7, 8 y 9 de septiembre de 1996 se detectaron concentraciones medias diarias de polen de *Ambrosia* cinco veces más elevadas que las de años precedentes (entre 20 y 33 pólenes/m<sup>3</sup> el día 8 de septiembre) en las estaciones de Girona, Barcelona, Bellaterra y Manresa. En Tarragona, la concentración fue menor (3,5 pólenes/m<sup>3</sup>) y en Lleida no se detectó. El fenómeno preocupó por si podía responder a una expansión de las poblaciones y ser el posible nacimiento de un nuevo alérgeno en el aire. Por ello se inició el estudio de la procedencia de las masas de aire. Como comparación, la concentración media diaria máxima absoluta medida en las estaciones estudiadas en los años previos (1994 y 1995) fue de 5,6 pólenes/m<sup>3</sup> (en Bellaterra el día 31 de agosto de 1995) y la de los años inmediatamente posteriores (1997 y 1998) fue de 3,5 pólenes/m<sup>3</sup> medidos en el mes de agosto del año 1997 en Girona (día 14) y en Bellaterra (día 24). La figura 1a) muestra las concentraciones medias diarias de este polen en Bellaterra, años 1994 a 1998.

El análisis de la situación meteorológica en Europa del día 6 de septiembre de 1996 muestra una depresión sobre Ucrania y un cinturón de altas presiones sobre las Islas Británicas (figura 1b). Además, en las capas medias-altas de la troposfera se formó un centro de bajas presiones en el Atlántico hacia el NW de la península Ibérica. Como resultado de la combinación de estos tres centros se produjo un flujo de aire muy bien definido que llegó a Catalunya desde el norte de Europa después de atravesar Francia (figura 1b) El análisis de las retrotrayectorias indica claramente que los flujos de aire en las estaciones de Barcelona y Girona provenían del norte. En Tarragona, sin embargo, la retrotrayectoria indica un transporte desde el sur de la península Ibérica, por lo que las zonas meridionales de Catalunya parecen estar desligadas de esta circulación desde centro Europa.

Dados los flujos de aire indicados por las retrotrayectorias, el polen observado en las estaciones más septentrionales catalanas (Barcelona, Bellaterra, Manresa, Girona) procedía del centro de Francia, probablemente del área de Lyon, donde esta especie es abundante.

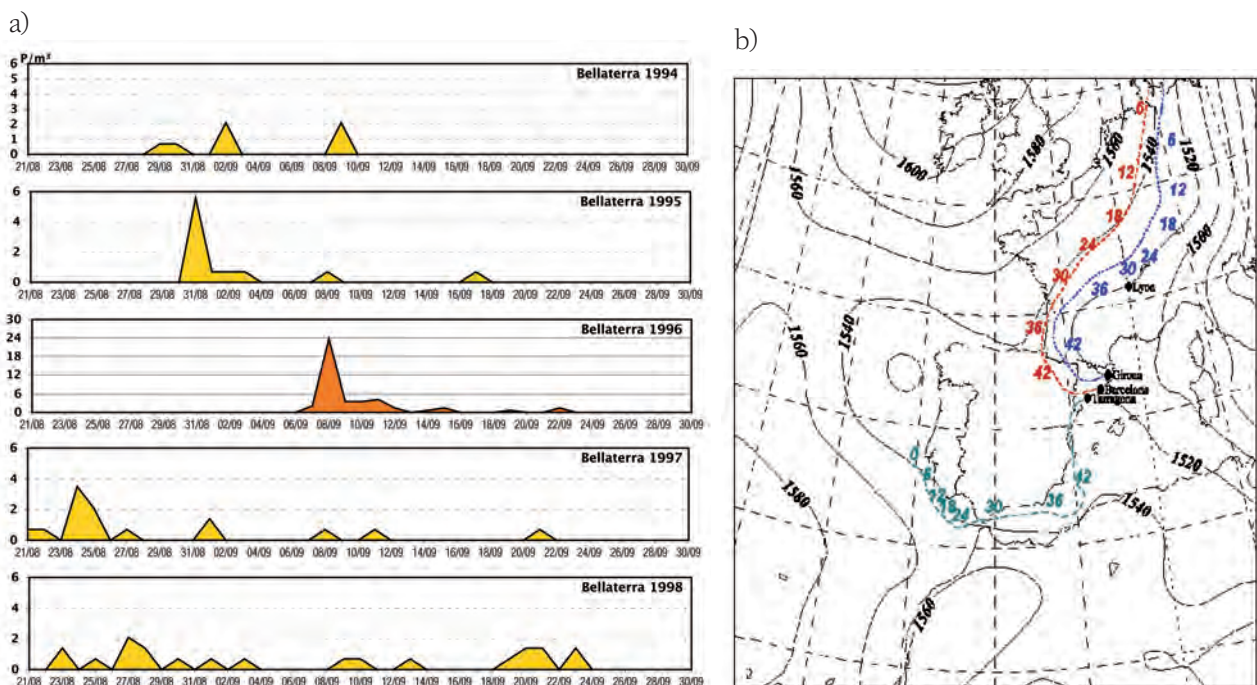


FIGURA 1. 1a) Dinámica de las concentraciones medias diarias de polen de Ambrosia en las estaciones de muestreo en septiembre de 1996. 1b) Retrotrayectorias que alcanzaban las estaciones a las 00UTC horas del día 08/09/1997.

## Episodio de transporte de polen de *Fagus*

Durante los días 16 y 17 de mayo de 2004 las estaciones de la XAC Lleida, Bellaterra, Barcelona, Girona, Manresa y Tarragona registraron un importante pico de polen, con un máximo de 90 p/m<sup>3</sup> (figura 2a), lo que representa la concentración media diaria y la correspondiente media semanal más elevadas registradas en los 25 años de muestreo de la XAC<sup>27</sup>. La situación sinóptica del momento se caracterizaba por un núcleo de alta presión sobre las Islas Británicas y una baja situada al este de la península escandinava (figura 2b) lo que originó un flujo procedente del centro de Europa hacia la península ibérica, tal como muestran las retrotrayectorias (figura 2c).

La aplicación de un modelo de fuente-receptor a los datos de polen del periodo 1997-2006 permitió identificar las probables áreas fuente de polen de haya. En la figura 2c) puede observarse que el modelo sugiere una zona de procedencia situada entre el norte de Italia, Suiza, el nordeste de Francia y el sudoeste de Alemania. Hay que destacar que esta zona está recubierta por bosques caducifolios donde el haya es muy abundante.

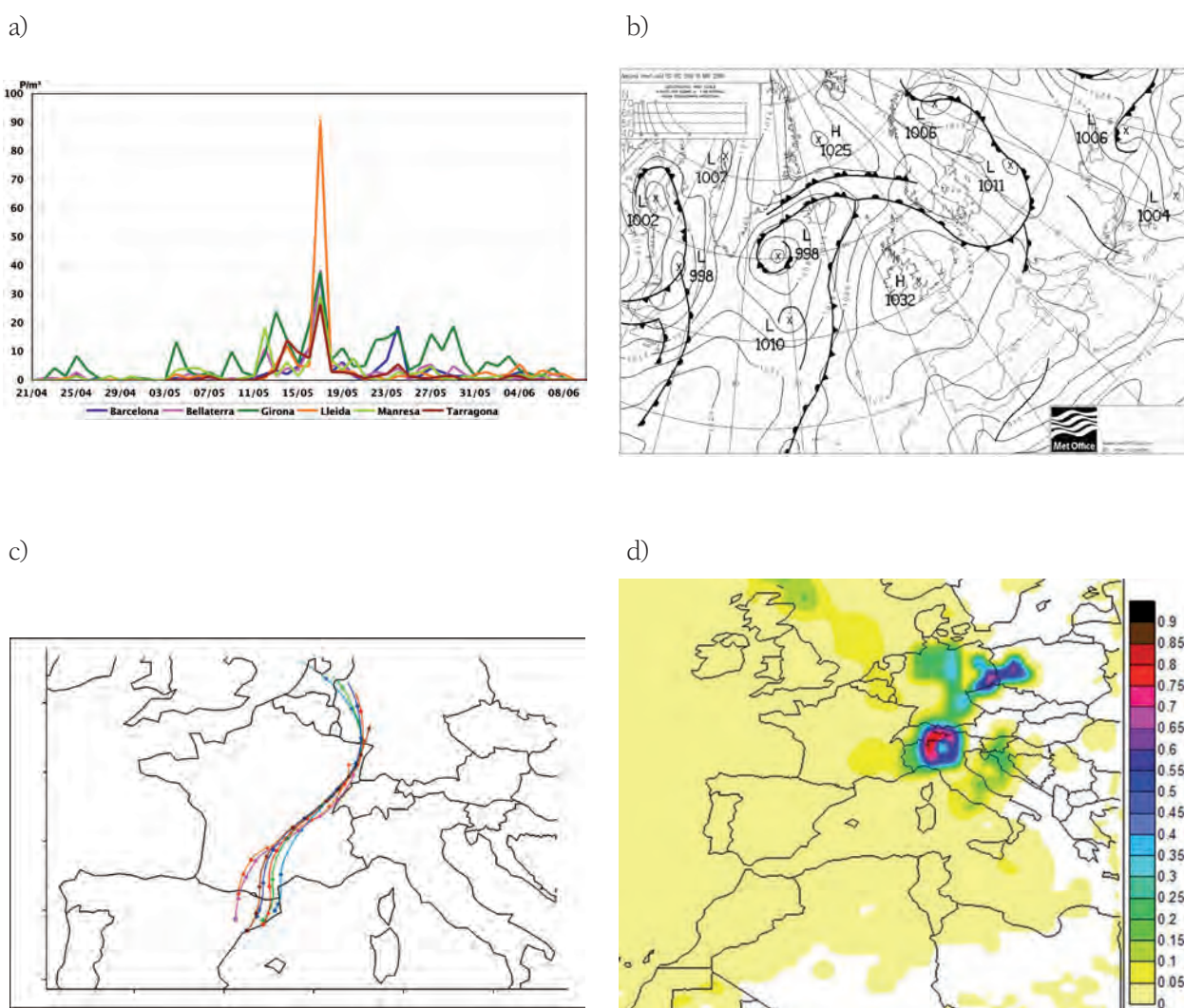


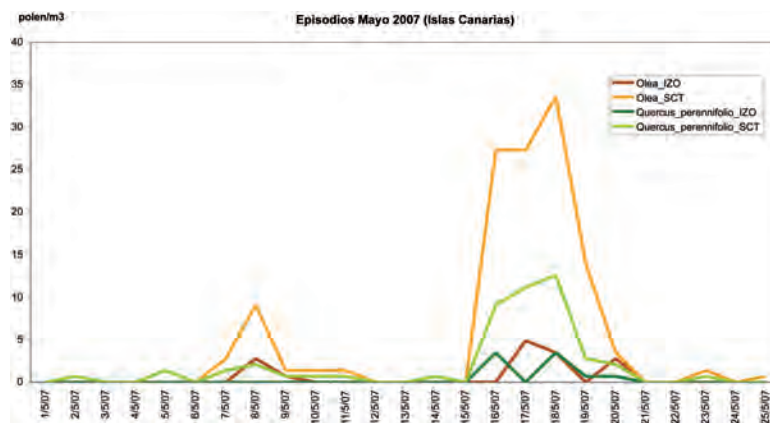
FIGURA 2. 2a) Dinámica de las concentraciones medias diarias de polen de *Fagus* en las estaciones estudiadas en el período 21 de abril a 10 de junio de 2004, b) Mapa meteorológico sinóptico que indica la presión del nivel del mar, c) Retrotrayectorias de las diferentes estaciones catalanas para el día 17 de mayo de 2004, y d) Abundancia de polen de *Fagus* calculado con el modelo fuente-receptor aplicado al conteo diario de polen (log transformado) durante la primavera (1 Abril al 30 de Junio) del período 1997-2006.

## Episodio de transporte de polen de *Quercus* tipo *perennifolio* y *Olea*

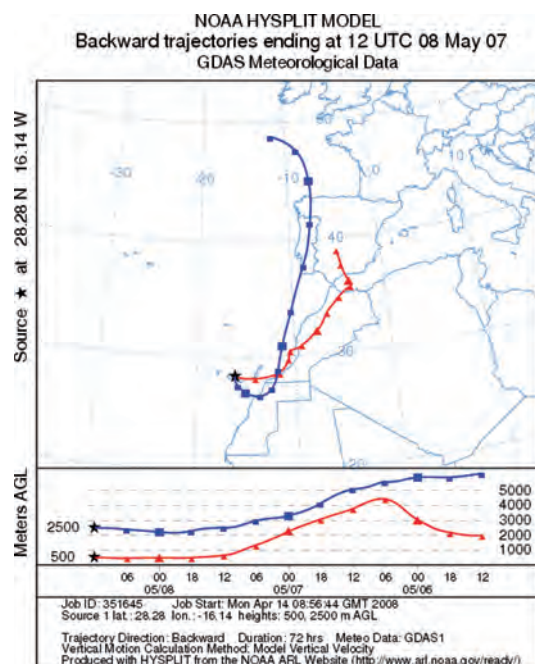
Durante los días 7 a 11 de mayo y posteriormente del 16 al 19 de mayo de 2007 se observaron claros incrementos puntuales del polen de *Olea* y de *Quercus* tipo *perennifolio* en la estación aerobiológica de Santa Cruz de Tenerife (Proyecto Eolo-PAT<sup>28</sup>) y en la de Izaña<sup>29</sup>, ambas en la isla de Tenerife del archipiélago Canario. Santa Cruz se sitúa a nivel del mar en la parte nordeste de la isla de Tenerife. La estación de Izaña se ubica en el Centro de Investigaciones Atmosféricas de Izaña a 2367 m sobre el nivel del mar. Ambas estaciones se hallan a una distancia de unos 1300 km del continente europeo y unos 350 km del norte de África. La región subtropical, a la latitud donde se ubican las Islas Canarias, se caracteriza por dos capas de circulación bien definidas<sup>30</sup>: una en superficie, y otra en altura, por encima de los 2000 m. La circulación superficial está dominada por el *alisio*, que es un viento del NE relativamente frío y húmedo. Es la que afecta a la estación de Santa Cruz. En altura predomina un viento más seco del NW, que afecta a la estación de Izaña. Se dice que la estación de Santa Cruz se encuentra dentro de la capa límite atmosférica, mientras que la de Izaña se halla en la atmósfera libre.

La evolución de las concentraciones de polen durante los mencionados episodios se muestra en la figura 3a), donde destaca: 1) la coincidencia de los picos de *Olea* y *Quercus* tipo *perennifolio* especialmente en Santa Cruz, 2) las concentraciones siempre más elevadas en Santa Cruz que en Izaña, 3) una mayor dispersión del evento

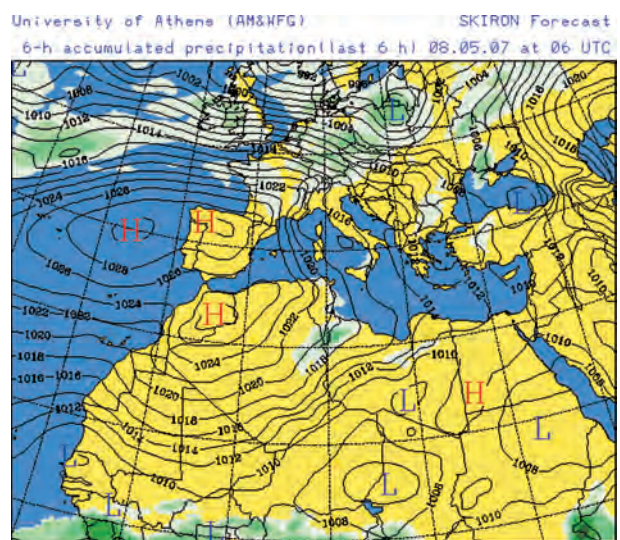
a)



b)



c)



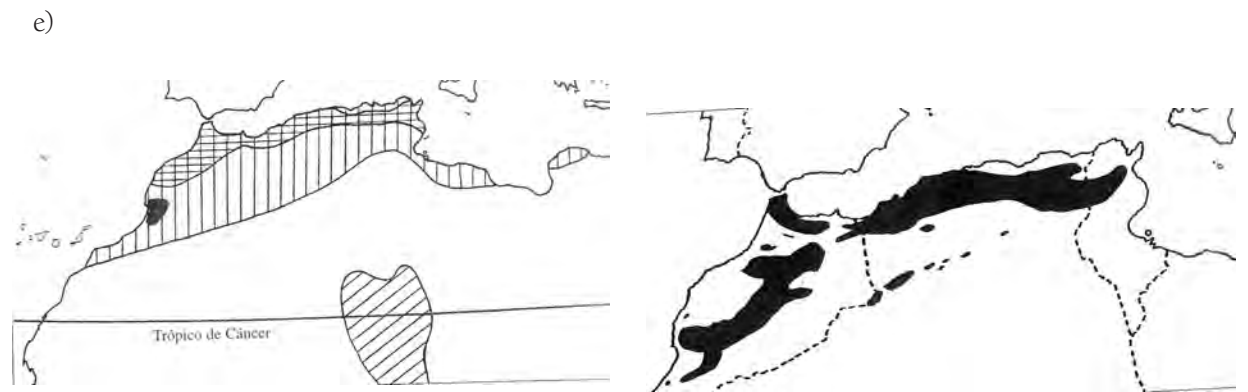
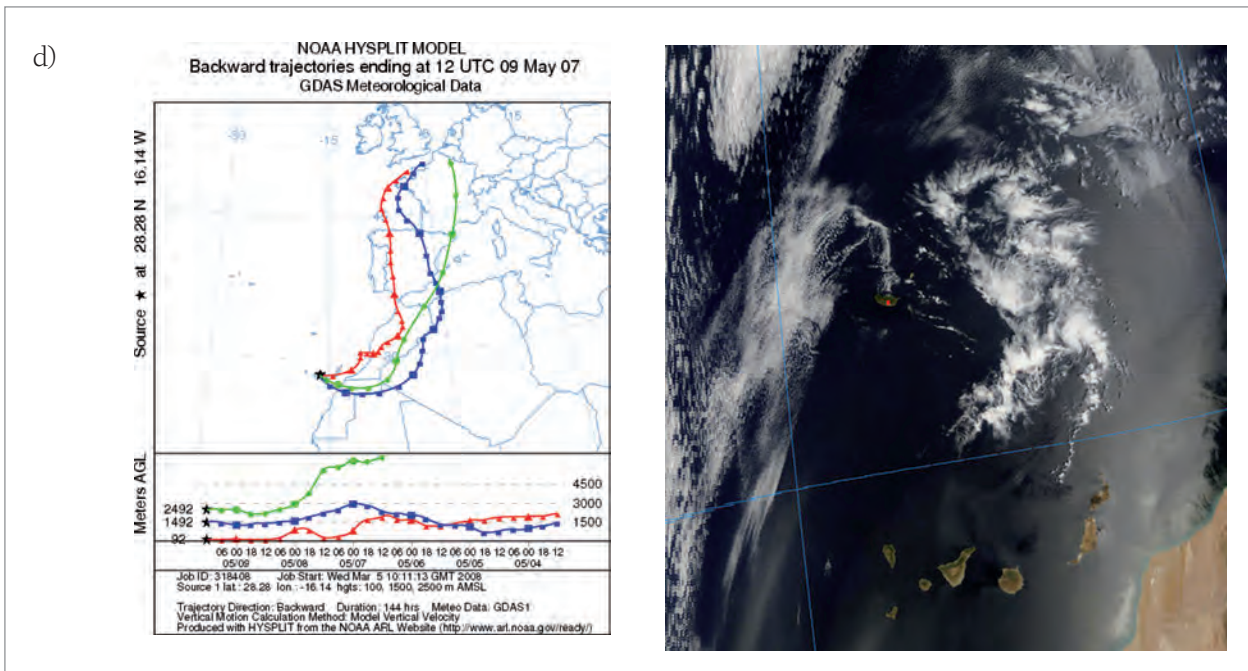
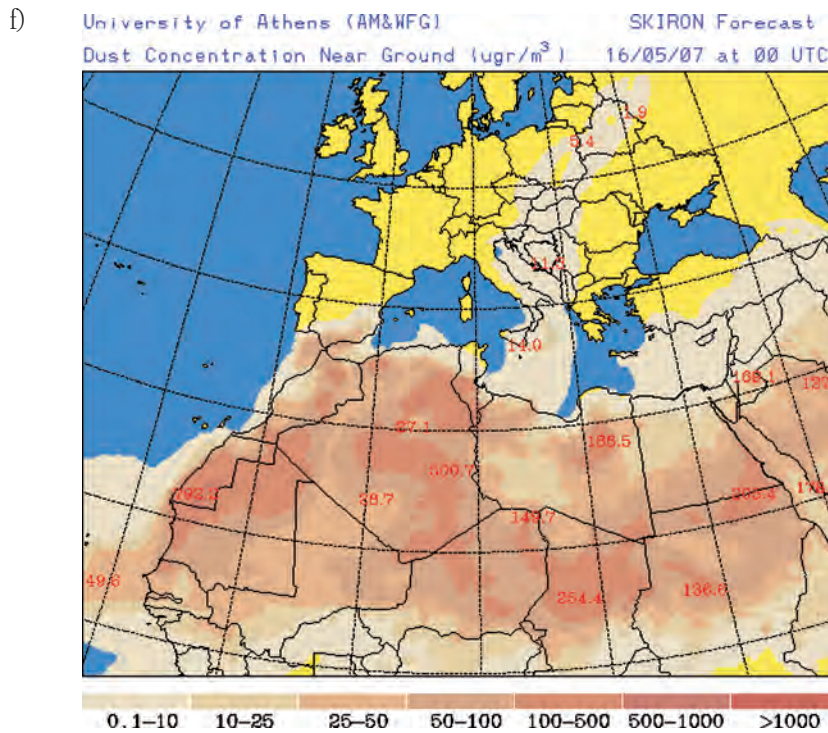


FIGURA 3. 3a) Dinámica de las concentraciones medias diarias de polen de *Olea* y *Quercus* tipo perennifolio durante mayo del 2007 en las estaciones de Santa Cruz de Tenerife e Izaña. 3b) Mapa sinóptico de superficie del día 08/05/2007. 3c) Retro trayectorias de 72 horas correspondientes a los niveles en los que se encuentran las dos estaciones para el día 08/05/2007. 3d) Retro trayectorias de 144 horas e imagen del satélite MODIS para el día 09/05/2007. Paso de las masas de aire por el norte de Marruecos. 3e) Áreas de distribución (en color negro y con diferentes tramas para distintas especies) de *Olea* y (en color negro) de *Quercus ilex* en el Norte de África<sup>31</sup>.

en Izaña en los dos episodios, mientras que en Santa Cruz los dos episodios presentan picos más claros, el segundo más notable que el primero.

La situación atmosférica durante ambos episodios fue la presencia de un núcleo de altas presiones al oeste de la península Ibérica (figura 3b), con un fuerte impacto sobre todo en superficie, dando lugar a la sustitución del alisio por un flujo procedente del norte de África. Este tipo de situación afecta las dos capas de circulación mencionadas anteriormente, pero como el transporte se produce básicamente en niveles bajos, los valores de polen obtenidos son más altos en Santa Cruz que en Izaña.

Las figuras 3b) y 3c) muestran la situación sinóptica en superficie y las retro trayectorias a los dos niveles en que se encuentran las estaciones, para el día 8 de mayo. Se observa también que en niveles altos el flujo es más atlántico que africano, lo que explicaría también que el pico de *Olea* sea inferior en Izaña e inexistente en el caso del *Quercus* tipo perennifolio. La figura 3d) muestra las trayectorias que llegan a las islas el día 9 e indican el paso de las masas de aire por el norte de Marruecos, por encima de las áreas de distribución (figura 3e) de *Olea* y *Quercus ilex*. Se muestra también la imagen del MODIS (figura 3d) para este día en el que se aprecia la presencia de polvo sobre el Atlántico y las Islas Canarias.



g)

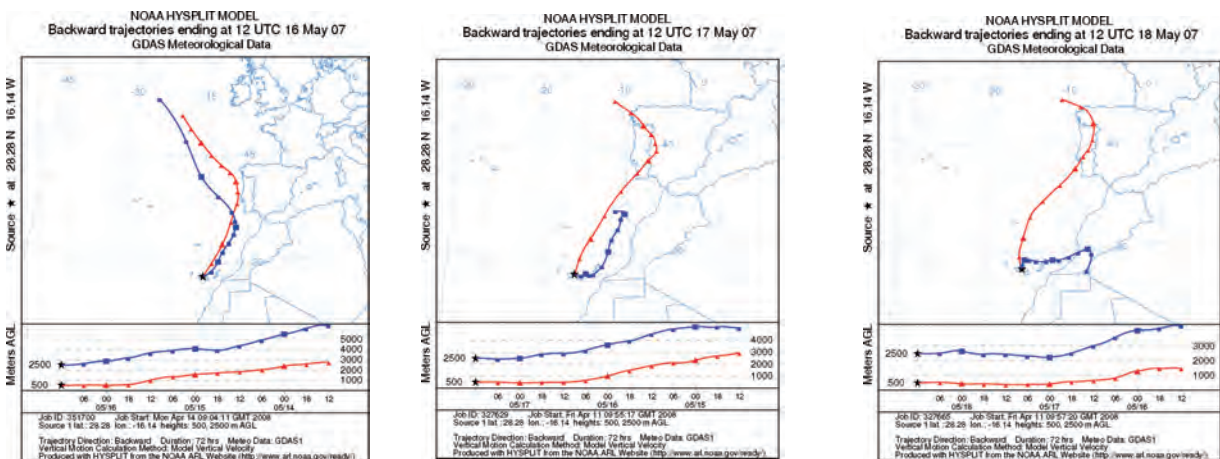


FIGURA 3. 3f) Concentración de polvo en superficie el 16/05/2007. 3g) Retrotrayectorias de 72 horas correspondientes a los niveles en los que se encuentran las dos estaciones para los días del 16/05/2007 al 18/05/2007.

Durante los días 14 y 15 de mayo, se situó una importante masa de polvo africano entre la costa atlántica de África y el sur de la península Ibérica (figura 3f). El día 16, la dirección del viento inducido por el núcleo de altas presiones situado al oeste de la península, era casi tangente a la línea de la costa africana, dando lugar a un transporte de la masa de aire cargada con material edáfico africano, que contenía tanto polvo mineral como los pólenes observados. La figura 3f) muestra las trayectorias que llegaban a las Islas el día 16, a los niveles en los que se encuentran las dos estaciones. Los días 17 y 18 de mayo las trayectorias indican que a nivel superficial, las masas de aire provenían también del Atlántico (figura 3f), mientras que el día 18, a niveles altos, venían de la zona de distribución de *Quercus ilex* en Marruecos. Se trata de un caso claro de combinación de transportes, con un desplazamiento inicial del polvo africano hacia el Atlántico, y un posterior transporte desde el Atlántico hacia las islas Canarias.



## CONCLUSIONES

Los fenómenos de transporte a largas distancias de pólenes y esporas son frecuentes. A nivel aerobiológico pueden ser reconocidos por apariciones o incrementos súbitos (picos), a veces coincidentes en diversas localidades, o cambios de tendencia en las dinámicas esporo-polinicas atmosféricas y pueden ser demostrados utilizando modelos meteorológicos de dinámica de las masas de aire.

## BIBLIOGRAFÍA

1. KELLOGG CA, GRIFFIN DW. *Aerobiology and the global transport of desert dust*. Trends Ecol. Evol. 2006; 21: 638-644.
2. BURCZYCK J, DiFAZIO SP, ADANS WT. *Gene flow in forest trees: How far do gens really travel?* Forest Genetics 2004; 11: 1-14.
3. ELLSTRAND NC. *Gene flow by pollen: implications for plant conservation genetics*. Oikos 1992; 63: 77-86.
4. ENNOS RA. *Estimating the relative rates of pollen and seed migration among plant populations*. Heredity 1994; 72: 250-259.
5. SCHMIDT-LEBUHN AN, SELTMANN P, KESSLER M. *Consequences of the pollination system on genetic structure and patterns of species distribution in the Andean genus Polylepis (Rosaceae): a comparative study*. Pl. Sys. Evol. 2007; 266: 91-103.
6. SHARMA CM, KHANDURI VP. *Pollen-mediated gene flow in Himalayan long needle pine (Pinus roxburghii Sargent)*. Aerobiologia 2007; 23: 153-158.
7. SMOUSE P, DYER RJ, WESTFALL RD, SORK VL. *Two-generation analysis of pollen flow across a landscape. I. Male gamete heterogeneity among females*. Evolution 2001; 55: 260-271.
8. BELMONTE J, ALARCÓN M, AVILA, A, SCIALABBA E, PINO D. (en prensa 2008). *Long range transport of beech (Fagus sylvatica L.) pollen to Catalonia (North-eastern Spain)*. International Journal of Biometeorology.
9. PRENTICE IC. *Pollen representation, source and basin size: towards a unified theory of pollen analysis*. Quaternary Res. 1985; 23: 76-86.
10. PROSPERO JM, BLADES E, MATHISON G, NAIDU R. *Interhemispheric transport of viable fungi and bacteria from Africa to the Caribbean with soil dust*. Aerobiologia 2005; 21: 1-19.
11. VAN CAMPO M, QUET L. *Transport par les vents de pollens et de poussières rouges du sud au nord de la Méditerranée*. C.R. Acad. Sc. Paris, Série II 1982; 295: 289-292.
12. FRANZÉN LG, HJELMROOS M, KALLBERG P, BROSTSTRÖM-LUNDEÉN E, JUNTTO S, SAVOLAINEN AL. *The "yellow snow" episode of northern Fennoscandia, March 1991- A case study of long-distance transport of soil, pollen and stable organic compounds*. Atmos. Environ. 1994; 28: 3587-3604.
13. HJELMROOS M. *Evidence of long-distance transport of Betula pollen*. Grana, 1991; 30: 215-228.
14. BOURGEOIS JC. *Seasonal and interannual pollen variability in snow layers of arctic ice caps*. Rev. Palaeobot. Palynol. 2000; 108: 17-36.
15. HICKS S, ISAKSSON, E. *Assessing source areas of pollutants from studies of fly ash, charcoal, and pollen from Swabard snow and ice*. J. Geophys Res. 2006; 111, doi: 10.1029/2005JD006167.
16. ROUSSEAU DD, DUZER D, CAMBON GV, JOLLY D, POULSEN U, FERRIER J, SHEVIN P, GROS R. *Long distance transport of pollen to Greenland*. Geophys.Res.Lett. 2003; 30 (14) doi: 10.1029/2003GL017539.
17. ROUSSEAU DD, SCHEVIN P, DUZER D, CAMBON G, FERRIER J, JOLLY D, POULSEN U. *New evidence of long distance pollen transport to southern Greenland in late spring*. Rev. Palaeobot. Palynol. 2006; 141: 277-286.
18. WYNN-WILLIAMS DD. *Aerobiology and colonization in Antarctica: the BIOTAS programme*. Grana 1991; 30: 380-393.
19. HART MA, DE DEAR R, AND BEGGS PJ. *A synoptic climatology of pollen concentrations during the six warmest months in Sydney, Australia*. Int. J. Biometeorol. 2007; 51: 209-220.
20. CECCHI L, MORABITO M, DOMENEGHETTI MP, CRISCI A, ONORARI M, ORLANDINI S. *Long distance transport of ragweed pollen as a potential cause of allergy in central Italy* Annal of Allergy Asthma & Immunology 2006; 96: 504-504
21. STACH A, GARCIA-MOZO H, PRIETO-BAENA JC, CZARNECKA-OPERACZ M, JENEROWICZ D, SILNY W, GALAN C. *Prevalence of Artemisia species pollinosis in western Poland: Impact of climate change on aerobiological trends, 1995-2004*. Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology 2007; 17: 39-47
22. SKJOTH CA, SOMMER J, STACH A, SMITH M, BRANDT J. *The long-range transport of birch (Betula) pollen from Poland and Germany causes significant pre-season concentrations in Denmark*. Clinical and Experimental Allergy 2007; 37: 1204-1212
23. BELMONTE J, VENDRELL M, ROURE JM, VIDAL J, BOTAY J, CADAHÍA, A. *Levels of Ambrosia pollen in the atmospheric spectra of catalan aerobiological stations*. Aerobiologia 2000; 16 (1): 97-103.
24. HIRST JM. *An automatic volumetric spore trap*. Ann. Appl. Biol., 1952; 39: 257-265.
25. BELMONTE J, ROURE JM. *Introducción*. In Valero AL, Cadahía A. eds. Polinosis. Polen y Alergia, Barcelona, MRA ediciones S.L.- Laboratorios Menarini S.A., 2002: 7-16.
26. DRAXLER RR, ROLPH GD. *HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY website (http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html)*. NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD, 2003.
27. BELMONTE J, ROURE JM. *Base de datos esporopolínicos de la Xarxa Aerobiològica de Catalunya*. Proyecto de investigación UAB-CBF-LETI, S.A. No publicado.
28. BELMONTE J, CUEVAS E, GRAU F. *Base de datos esporopolínicos del Proyecto Eolo\_PAT*. Proyecto de investigación UAB-Centro de Investigación Atmosférica de Izaña- Air Liquide, S.A. No publicado.
29. BELMONTE J, IZQUIERDO R, AVILA A, ALARCÓN M, CUEVAS E. *Base de datos polínicos de Izaña. Parte del proyecto de investigación CREA-UAB-UPC CGL2005-07543/CLI*. No publicado.
30. CUEVAS E. *Estudio del comportamiento del ozono troposférico en el Observatorio de Izaña (Tenerife) y su relación con la dinámica atmosférica*. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 1995.
31. CHARCO J. *El bosque mediterráneo en el norte de África. Biodiversidad y lucha contra la desertificación*, Madrid, Ediciones Mundo Árabe e Islam-Agencia Española de Cooperación Internacional, 1999; 166 y 234.

