



FACULTAD DE FARMACIA

Grado en Farmacia

AEROBIOLOGÍA DE OLEA EN ESPAÑA DURANTE 2015

Memoria de Trabajo Fin de Grado

Sant Joan d'Alacant

Junio 2019

Autor: José Javier Reinosá Revelles

Modalidad: Experimental

Tutor/es: Montserrat Varea Morcillo



AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi tutora Montse, todo lo que ha hecho por mí para poder realizar este trabajo. Gracias por solucionar todas mis dudas, por responderme a cientos de correos, por quedar conmigo durante horas y horas con el objetivo de mejorar el trabajo, por corregirme y orientarme, y por último por haberme introducido a la temática de este trabajo, de la que apenas tenía conocimiento y ha resultado una experiencia muy útil e interesante. Sin ti este trabajo no hubiese salido adelante, gracias de corazón.





RESUMEN

El objetivo principal del presente estudio fue proporcionar un análisis detallado de la dinámica del transporte de polen de oliva en España durante 2015, utilizando datos de polen en el aire diarios obtenidos de la SEAIC (Sociedad Española de Alergología e Inmunología Clínica), que dispone de una extensa red de captadores en diferentes áreas de España.

Los periodos de polinización principal más tempranos se dan especialmente en las regiones más cálidas, la zona sur de España, que en general, registra los índices polínicos más elevados. Las concentraciones pico más altas, también se alcanzan en estas regiones, y tienen lugar a mediados de su periodo de polinización principal.

Los episodios de máximo recuento polínico registrados en 2015, para cada estación seleccionada, se examinaron mediante la utilización del modelo HYSPLIT que simula retrotrayectorias que son analizadas, con el fin de identificar el origen de las masas de aire y su posible influencia en los recuentos de polen.



ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 8 |
| 2. OBJETIVO..... | 12 |
| 3. MATERIAL Y MÉTODOS | 13 |
| 3.1 Datos Aerobiológicos | 13 |
| 3.2 Modelo HYSPLIT..... | 14 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 17 |
| 4.1 Análisis del recuento polínico de <i>Olea</i> durante 2015 en España | 17 |
| 4.2 Influencia del movimiento de las masas de aire sobre las concentraciones pico registradas. | 21 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 28 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA..... | 29 |



1. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades alérgicas asociadas a IgE son un problema de salud global que está aumentando en prevalencia y gravedad.¹ La sensibilización se produce en el lugar de exposición al alérgeno, como las vías respiratorias², y se asocia con dos enfermedades alérgicas estrechamente relacionadas: la rinitis alérgica (fiebre del heno) y el asma,³⁻⁴ que reducen significativamente la calidad de vida y tienen un impacto económico significativo en la sociedad.⁵

A pesar de que el tamaño de los granos de polen es aparentemente muy grande como para poder alcanzar con facilidad las vías aéreas intrapulmonares, la relación existente entre las concentraciones de pólenes y la presencia de síntomas alérgicos es indiscutible. Debido a que los alérgenos inductores de las enfermedades alérgicas no sólo se encuentran dentro de los granos de polen, si no también fuera de los mismos en partículas inferiores a 10 µm que se encuentran libres en la atmósfera. Varios estudios evidencian la relación existente entre el aumento de las enfermedades alérgicas respiratorias en todo el mundo y, los altos niveles de contaminantes, especialmente en áreas urbanas, y el estilo de vida occidentalizado.⁶⁻⁹ Los contaminantes en el aire pueden no solo aumentar la frecuencia e intensidad de los síntomas en pacientes ya alérgicos, sino que también pueden promover la sensibilización de las vías respiratorias a los alérgenos en sujetos predispuestos. Al adherirse a la superficie de los granos de polen, los contaminantes consiguen modificar la morfología de estos agentes portadores de antígenos y alterar su potencial alérgico. Además, al inducir la inflamación de las vías respiratorias, los contaminantes logran superar la barrera mucosa y provocar respuestas alérgicas más graves.

Los alérgenos del polen de olivo se consideran una de las causas más importantes de enfermedades alérgicas respiratorias en la región del Mediterráneo¹⁰, incluida Grecia¹¹, Italia¹², Portugal¹³, España¹⁴⁻¹⁵ y Turquía¹⁶. El cultivo del olivo (*Olea europaea*) es una de las principales actividades

económicas en la cuenca del Mediterráneo¹⁷ con más de 5 Mha de olivares en la Unión Europea³.

Olea europaea es una especie anemófila, polinizada por el viento¹⁸, que ha evolucionado para producir grandes cantidades de polen, $\sim 9,4 \times 10^4$ granos de polen por antera¹⁹, de pequeño tamaño $< 20 \mu\text{m}$ ²⁰ y, por tanto, adecuado para su dispersión atmosférica. Si bien la mayor parte del polen del olivo queda depositado muy cerca de la fuente de emisión por su pequeño tamaño, el resto de este puede alcanzar niveles más elevados de la atmósfera y ser transportado por el viento a otros territorios²¹⁻²². La temperatura, también participa en el desarrollo reproductivo permitiendo un desarrollo adecuado de la fotosíntesis. Así, la fotosíntesis del olivo tiene su temperatura óptima entre los 15 y los 30°C²³, y puede soportar temperaturas de hasta -8°C mientras que temperaturas elevadas por encima de los 37°C durante la floración, pueden provocar daños de los elementos reproductivos dificultando la polinización de forma adecuada²⁴.

Por otro lado, las precipitaciones, son importantes en los procesos metabólicos de fotosíntesis, influyendo en el correcto crecimiento del olivo y en el adecuado desarrollo de las estructuras implicadas en este proceso²⁵, por ejemplo, episodios de lluvias intensas durante los meses de abril, mayo y junio provocan el lavado de la atmósfera, dificultando el transporte de polen por las distintas masas de aire y derivando en una disminución en la concentración de polen de olivo. Asimismo, la humedad y la radiación solar también intervienen en la respuesta fenológica²⁶ del olivo incrementando la actividad fotosintética y potenciando el crecimiento del olivo al permitir el correcto desarrollo de la síntesis de compuestos carbonados durante la fotosíntesis.

España, tiene más de 2.5 Mha de olivar cultivado, produce el 33% del aceite de oliva del mundo, y Andalucía representa el 80% de la producción total española. Las mayores zonas olivareras se concentran en las provincias de Jaén y Córdoba (Figura 1).²⁷

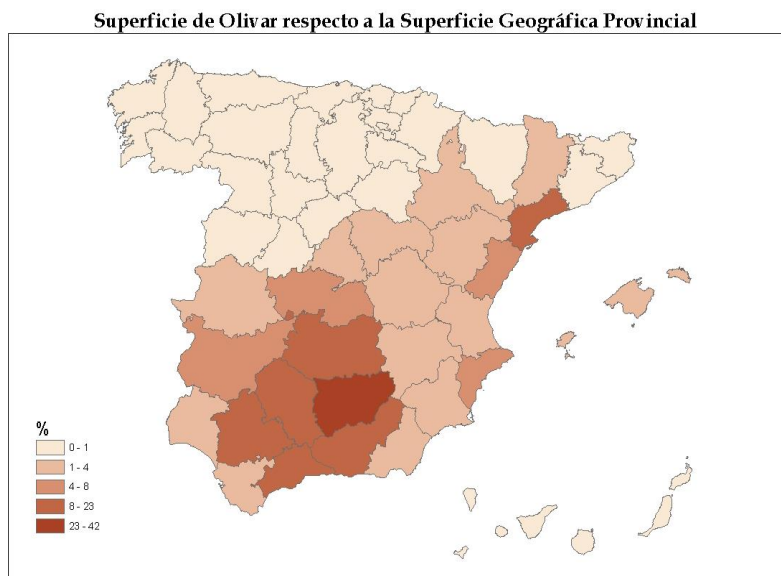


Figura 1. Densidad de cultivo de olivo en la Península Ibérica. Fuente web del ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Año 2012.

El hecho de tener una gran superficie cultivada de olivo supone un gran beneficio económico para el país, pero también puede conllevar consecuencias importantes para la salud, no sólo en la zona sur donde predomina su cultivo, sino también en el resto del territorio nacional, debido a que se han identificado episodios de transporte a escala regional²⁸ y en áreas remotas²⁹.

Los pólenes en el aire se ven afectados por una serie de procesos aerobiológicos, incluidos la liberación, la dispersión y/o el transporte, y la deposición. Las partículas de polen una vez liberados en el aire, quedan expuestas al movimiento horizontal y/o vertical de las masas de aire en la atmósfera, lo que puede fomentar su transporte. El modelo HYSPLIT³⁰ ha demostrado ser altamente eficaz en estudios centrados en la definición de la vía y el posible transporte de contaminantes atmosféricos, aerosoles y las concentraciones de polen en el aire. La simulación del movimiento de las masas de aire “hacia atrás” o retrotrayectorias proporcionan información sobre el posible transporte local, regional o de larga distancia de polen, así como sobre el origen del polen transportado por el aire. En los últimos años, varios artículos han destacado el valor de esta herramienta en estudios aerobiológicos, donde se han identificado el área de origen y la dinámica del transporte del polen³¹⁻³⁶.

Un estudio combinado de las fuentes potenciales de polen del olivo y los cálculos de masa de aire, podría mejorar la identificación de las áreas de origen y la dinámica del transporte de este polen en España. Este trabajo permitiría evaluar la contribución de los aportes externos, a nivel regional y a larga distancia, a las concentraciones de polen de olivo registradas en cada área. Además, se contribuiría a ampliar el conocimiento en este campo, y ayudar a mejorar la calidad de vida de la población alérgica y el protocolo a seguir por el personal sanitario.



2. OBJETIVO

El objetivo principal de este estudio es proporcionar un análisis aerobiológico del polen de Olea en España durante el año 2015, realizando un estudio detallado de la dinámica del transporte de polen del olivo por toda España y su influencia en las concentraciones de Olea registradas.

Para alcanzar el objetivo principal, se plantea:

- Analizar el recuento polínico de Olea registrados en España
- Analizar los episodios de máximo recuento polínico de Olea, empleando el modelo HYSPLIT, para identificar su origen y posible influencia de los aportes a distancia.



3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Datos aerobiológicos

La concentración diaria del polen del olivo, medida en granos de polen/m³ (gn/m³), se obtiene de la Sociedad Española de Alergología e Inmunología Clínica (SEAIC) publicadas en su página web³⁷, de forma gratuita con el fin de potenciar la investigación en el estudio de los pólenes y hongos que se encuentran en el aire y las enfermedades alérgicas.

La SEAIC recopila de forma sistemática, a través de una red de 62 puntos distribuidos por toda España, las concentraciones polínicas de los principales taxones, entre los que se encuentran: gramíneas, cupresáceas, olivo, plantago, amarantáceas, urticáceas, platanus y betula. Sin embargo, para este estudio sólo se incluyeron 38 estaciones, las que disponían de recuentos polínicos de Olea durante el 2015 y una estación por provincia, a modo de representación de todo el territorio español.



Figura 2. Imagen del captador volumétrico tipo Hirst ubicado en la estación de Alicante.

La captación del polen se realiza con captadores tipo Hirst (figura 2)³⁸, que muestrea en continuo durante 7 días, con un caudal de 10 litros de aire por minuto. Las partículas atmosféricas quedan adheridas en una película

transparente cubierta con vaselina. Posteriormente, la película se tiñe con fucsina, para su análisis al microscopio óptico, lo que permitirá realizar el recuento polínico diario de los diferentes tipos de polen³⁹.

Con el fin de caracterizar y analizar las concentraciones de polen del olivo en España, a partir de los recuentos diarios de Olea, se calculan los siguientes parámetros aerobiológicos,

- Índice polínico (IP) o concentración total anual, obtenida a partir de la suma de las concentraciones diarias de polen, en este caso del olivo, registradas durante un año, expresado en granos de polen /m³.
- Período de polinización principal (PPP), es el número de días que incluyen el 95% del polen de olivo total anual registrado, comenzando a partir del día en el cual la suma de las concentraciones de polen alcanza el 2,5% hasta el día con un porcentaje acumulado del 97,5%.
- Concentración pico (CP) o nivel máximo diario de polen del olivo registrado durante el año, expresada en gn/m³.
- Fecha concentración pico (fecha CP), día en el que se alcanza el nivel máximo diario de polen del olivo registrado durante el año.

3.2. Modelo HYSPLIT.

Las retrotrayectorias, a través del modelo HYSPLIT, se simularon para la fecha de la concentración pico, máxima concentración de olea registrada, para cada estación y para las 24 horas correspondientes al día, con una duración de entre 96 y 24 horas. Además, se chequearon varias alturas, una altura por cada 100 m dentro del intervalo 100 –1000 m.

El modelo HYSPLIT permite el estudio de la distribución del polen del olivo mediante la observación de las distintas masas de aire que lo transportan. El modelo permite realizar la simulación de las masa de aire, desde la fuente “hacia adelante” para el estudio de la dispersión de partículas, o desde un punto determinado “hacia atrás” (retrotrayectoria) para determinar el origen de las partículas. Las simulaciones resultantes muestran la altura alcanzada por las masas de aire, además de los datos más relevantes para su cálculo. En la figura 3, como ejemplo se muestra una retrotrayectoria.

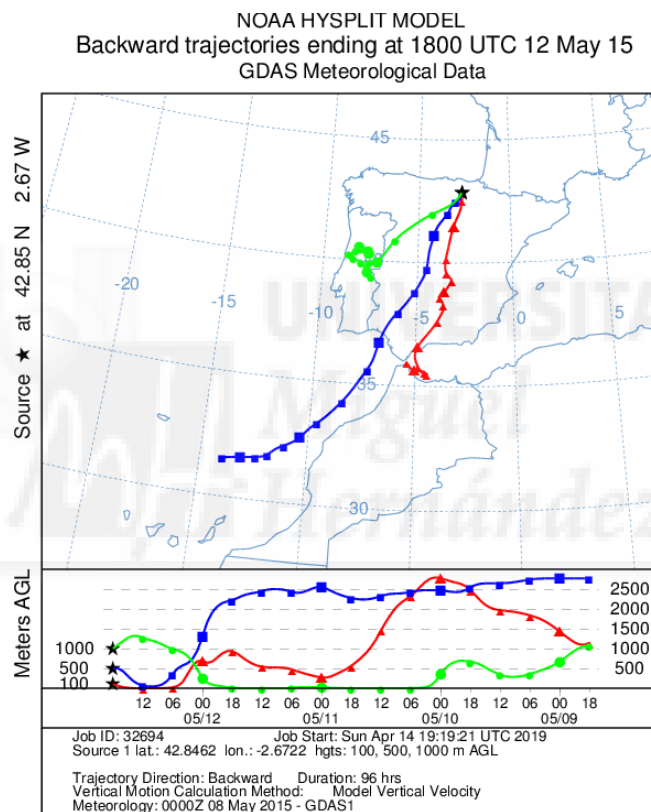


Figura 3. Retrotrayectoria del 12 de mayo de 2015, a las 18:00 UTC

A continuación se detallan las características características más relevantes y la interpretación de la retrotrayectoria representada, ver figura 3:

- En el encabezado, se muestra la fecha y hora para la que se aplica la simulación, en este caso para el 12 de mayo de 2015 a las 18 UTC, es decir, a

16:00 hora local. Además, se indica la base de datos meteorológicos utilizada, GDAS (Global Data Assimilation System).

- En la parte inferior se indican las variables consideradas en el modelo, como la situación del punto de interés definido por latitud y longitud, en este caso Vitoria. También, se indica las diferentes alturas a las que se ha simulado el modelo (100, 500 y 1000 m del nivel del mar), el tipo de trayectoria simulada (“hacia atrás”) y su duración (96 h).
- Por último, en la zona central, de forma gráfica se muestra el movimiento de las masas de aire en función de la altura. El punto de interés está marcado con la estrella, mientras que los puntos marcan la situación a intervalos de 6 horas.



4. RESULTADOS y DISCUSIÓN

4.1. Análisis del recuento polínico de Olea durante 2015 en España.

En general, el periodo de polinización principal se da desde final de abril hasta finales de junio con una duración de entre 40 a 70 días, observándose los PPP más tempranos e intensos en el sur de España. Como por ejemplo: Sevilla que registró uno de los PPP más tempranos, comprendiendo desde el 25 de abril al 6 de junio (figura 4a); Madrid y Burgos con un inicio de su floración más tardío, el 6 de mayo, pero con distinta duración, hasta el 10 de junio en el caso de Madrid y hasta el 5 de julio para Burgos (figura 4b y c).

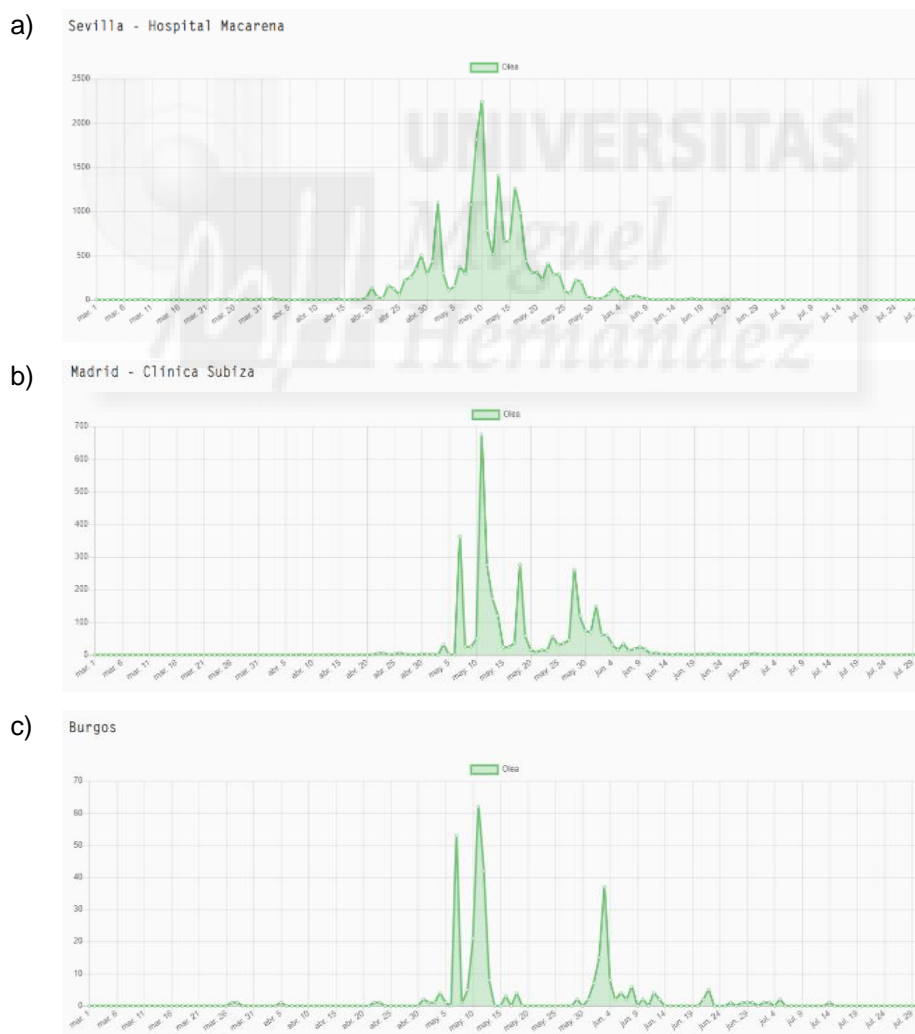


Figura 4. Distribución anual del polen del olivo durante 2015 en distintas ciudades.

En España, los periodos de polinización principal más tardíos y cortos se dan especialmente en las regiones más frías y más lluviosas, es decir, en la zona norte. Lo que concuerda con lo descrito por varios autores que indican el avance generalizado en la floración⁴⁰, así como una mayor intensidad⁴¹ debido a una importante contribución de la precipitación y el fotoperíodo a la fenología de las plantas, factores importantes en el cambio climático en el área Mediterránea⁴².

Respecto, a los índices polínicos anuales, los más elevados se registraron principalmente en la zona sur de España, englobando un 90% del total de IP registrado durante el 2015. Entre los índices polínicos anuales más elevados, se encuentra Andalucía que engloba el 71% del total registrado en España, destacando las estaciones de Jaén con 179420 gn/m³, como mayor IP, y de Sevilla con 20028 gn/m³. Con valores bastante más bajos, del orden de los 10000 gn/m³, estarían las estaciones de Málaga, Toledo, Badajoz, Cáceres y Tarragona. Seguidamente, pero con valores de IP bastante alejados, estarían las estaciones de Ciudad Real y Játiva, con 6584 y 5057 gn/m³ respectivamente, y el resto de la Comunidad Valenciana, Madrid, Murcia, Cuenca y Barcelona con valores medios de 3000 gn/m³. El resto de estaciones no registraron IP superiores a los 1000 gn/m³, a excepción de Almería, Logroño, Zamora, Salamanca, Ávila, Lérida y Zaragoza. Registrando los IP más bajos las provincias más septentrionales, que junto a las islas Canarias no superando los 300 gn/m³.

Los índices polínicos registrados se corresponden con las extensiones de olivo cultivado, ver figura 1. Generalmente, los valores máximos se registraron al sur, los intermedios en el centro y los más bajos al norte.

Tabla 1. Concentraciones de polen del olivo en España, durante 2015.

| CIUDAD | IP (gn/m ³) | CP (gn/m ³) | fecha CP (dd/mm) | %CP |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|------|
| <i>Andalucía</i> | | | | |
| Sevilla | 20028 | 2244 | 10 mayo | 11,2 |
| Almería | 2085 | 274 | 09 mayo | 13,1 |
| Málaga | 10765 | 1833 | 17 mayo | 17,0 |
| Jaén | 179420 | 19840 | 13 mayo | 11,1 |
| <i>Región De Murcia</i> | | | | |
| Murcia | 2505 | 300 | 05 mayo | 12,0 |
| <i>Comunidad Valenciana</i> | | | | |
| Castellón | 3127 | 447 | 14 mayo | 14,3 |
| Játiva | 5057 | 1038 | 14 mayo | 20,5 |
| Alicante | 3000 | 741 | 03 mayo | 24,7 |
| <i>Castilla-La Mancha</i> | | | | |
| Cuenca | 2981 | 364 | 04 mayo | 12,2 |
| Toledo | 11425 | 1242 | 14 mayo | 10,9 |
| Ciudad Real | 6584 | 551 | 24 mayo | 8,4 |
| <i>Comunidad de Madrid</i> | | | | |
| Madrid | 3444 | 675 | 11 mayo | 19,6 |
| <i>Extremadura</i> | | | | |
| Cáceres | 8105 | 1289 | 11 mayo | 15,9 |
| Badajoz | 9227 | 2268 | 12 mayo | 24,6 |
| <i>Islas Baleares</i> | | | | |
| Palma De Mallorca | 973 | 75 | 16 mayo | 7,7 |
| <i>Islas Canarias</i> | | | | |
| Las Palmas | 226 | 33 | 17 mayo | 14,6 |
| Santa Cruz De Tenerife | 161 | 31 | 18 mayo | 19,3 |
| <i>Principado De Asturias</i> | | | | |
| Oviedo | 172 | 89 | 12 mayo | 51,7 |
| <i>País Vasco</i> | | | | |
| Bilbao | 253 | 64 | 12 mayo | 25,3 |
| San Sebastián | 128 | 35 | 12 mayo | 27,3 |
| Vitoria | 507 | 296 | 12 mayo | 58,4 |
| <i>Comunidad Foral Navarra</i> | | | | |
| Pamplona | 120 | 71 | 12 mayo | 59,2 |
| <i>La Rioja</i> | | | | |
| Logroño | 1564 | 330 | 04 junio | 21,1 |
| <i>Castilla y León</i> | | | | |
| León | 696 | 280 | 11 mayo | 40,2 |
| Burgos | 323 | 62 | 11 mayo | 19,2 |
| Palencia | 788 | 241 | 12 mayo | 30,6 |
| Valladolid | 780 | 357 | 12 mayo | 45,8 |
| Soria | 245 | 42 | 29 mayo | 17,1 |
| Zamora | 1520 | 350 | 13 mayo | 23,0 |
| Segovia | 423 | 52 | 02 junio | 12,3 |
| Salamanca | 1945 | 545 | 12 mayo | 28,0 |
| Ávila | 2035 | 525 | 12 mayo | 25,8 |
| <i>Aragón</i> | | | | |
| Zaragoza | 1344 | 59 | 03 junio | 4,4 |
| Teruel | 584 | 109 | 12 mayo | 18,7 |
| <i>Cataluña</i> | | | | |
| Gerona | 865 | 126 | 13 mayo | 14,6 |
| Lérida | 1458 | 143 | 13 mayo | 9,8 |
| Barcelona | 2492 | 462 | 13 mayo | 18,5 |
| Tarragona | 8867 | 1659 | 15 mayo | 18,7 |

Acerca de las concentraciones pico registradas en cada estación, generalmente, representan el 25% de su índice polínico. Excepto las estaciones que registraron mayores IP, como Jaén, Sevilla y Toledo cuyas CP no representan más de un 10%, o bien, las estaciones con IP más bajos con CP también bajas pero con porcentajes próximos al 50% de su IP, como Oviedo, Vitoria, Pamplona, León y Valladolid.

Así, por ejemplo, la estación de Toledo que registro uno de los índices polínicos más elevados, alcanzo una concentración pico de 1242 gn/m^3 que sólo representaba el 10,9% de su índice polínico, debido a que durante gran parte de su periodo de polinización principal las concentraciones de Olea registradas fueron elevadas, alcanzándose la CP aproximadamente a mitad del PPP (figura 5a). Por otro lado, la estación de Ávila registró un IP de 2035 gn/m^3 y, una concentración pico de 525 gn/m^3 (figura 5b). Mientras que, en las estaciones más septentrionales con menores IP, como la de Vitoria, registró una concentración pico de 296 gn/m^3 , la cual llega a representar más del 50% del IP total registrado en dicha estación durante todo el año 2015 (figura 5c). En estas dos últimas estaciones, se observan que las concentraciones pico se alcanzan al comienzo del PPP, con valores diarios extremadamente elevados respecto al resto de su PPP. Además, las CP en ambas estaciones se alcanzan el mismo día, 12 de mayo. Dicha fecha pico se repite en nueve estaciones más, las cuales se encuentran situadas más al norte, exceptuando Badajoz. El resto de fechas pico mayoritariamente se dan los días 11, 13 y 14 de mayo, exceptuando las estaciones de Alicante, Cuenca y Murcia, del 3 al 5 de mayo, y Ciudad Real y Soria los días 24 y 29 de mayo. Las CP más tardías se dan en Segovia, Zaragoza y Logroño, del 2 al 4 de junio.

Las estaciones con las CP más altas, se alcanzaron a mediados de su PPP, y se corresponden con las de mayores IP, por tanto, con las zonas de mayores extensiones de olivar cultivado. Mientras que las estaciones con menores CP, aunque se corresponden con menores IP a consecuencia del escaso cultivo de esta especie en la zona, al alcanzarse al inicio de su PPP y en la misma fecha

puede indicar que estos picos puntuales procedan de zonas más cálidas con PPP más tempranos, como Sevilla cuya concentración pico (2244 gn/m^3) se registra el 10 de mayo.

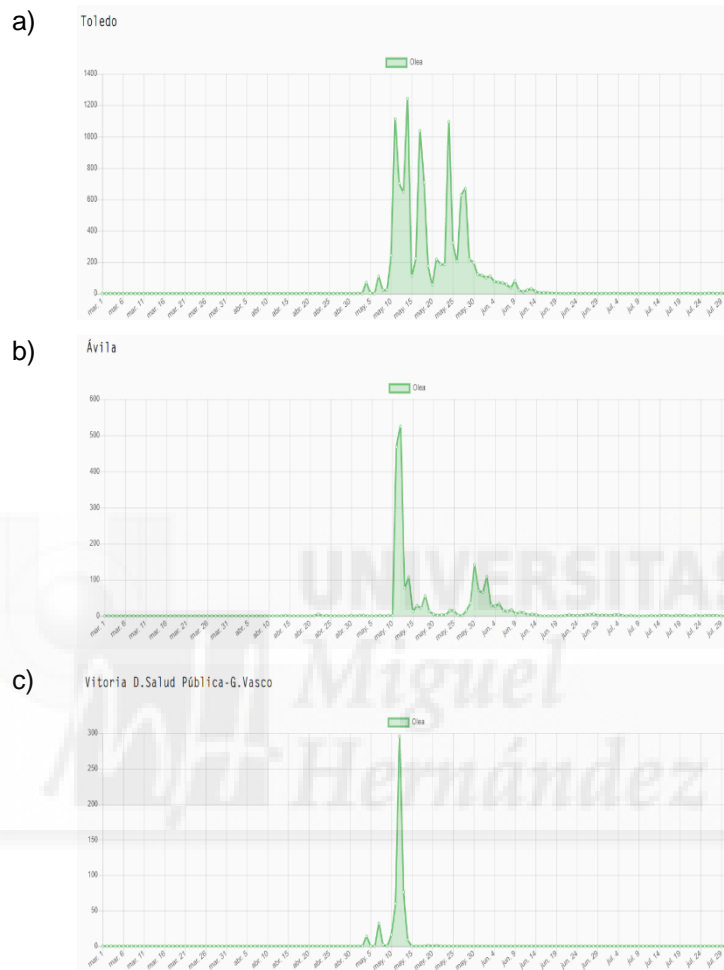


Figura 5. Distribución anual del polen del olivo durante 2015, en distintas ciudades de España

4.2 Influencia del movimiento de las masas de aire sobre las concentraciones pico registradas.

El análisis de las retrotrayectorias, simuladas con HYSPLIT, mostró que las concentraciones de Olea registradas en España estaban influenciadas por las masa de aire procedentes de dos zonas importantes, al sur con Sevilla y Jaen como fuentes principales, y desde Tarragona en la vertiente mediterránea.

A continuación, se muestran y detallan cada una de esas zonas:

- *Zona sur (Sevilla).*

Las concentraciones de Olea registradas en Sevilla contribuyeron de forma considerables a provincias más o menos remotas, como Cáceres, León, Burgos, Ávila, Castellón y Las Palmas de Gran Canaria, ver figura 6. Las concentraciones pico en dichas estaciones se observaron en 3 días diferentes consecutivos, 10, 11 y 12 de mayo.

El 11 de mayo, las retrotrayectorias de Cáceres, León y Burgos, muestran la llegada de masas de aire procedentes de Sevilla que registró niveles de Olea de 2244 gn/m³ (CP). Las masas de aire que llegan a Cáceres y León, en su recorrido por Sevilla lo hacen a baja altura (< 500 metros), mientras que las que llegan a Burgos lo hicieron a más de 2500 m (Figura 6a, b y c). Por otro lado, a Ávila llegan el 12 de mayo, las masas de aire procedentes de Sevilla que registró concentraciones de niveles de 783 gn/m³ (Figura 6d). Castellón, el 14 de mayo, recibió masas de aire procedentes de Sevilla, a baja altura durante todo su recorrido, que alcanzo un recuento de 1407 gn/m³ (Figura 6e). Y, por último, el 17 de mayo que masas de aire con origen en Sevilla procedentes de Sevilla (1259 gn/m³) contribuyeron a los niveles polínicos alcanzados en Las Palmas de Gran Canaria (Figura 6f).

Las concentraciones pico registradas en las estaciones de Cáceres, Ávila, León, y Burgos 1289, 525, 280 y 62 gn/m³ respectivamente. En el caso de Cáceres se suma al polen procedente del cultivo en dicha provincia. Los niveles registrados en Castellón (447 gn/m³), ligeramente inferiores a lo esperado, ya que también cuenta con cultivo en la zona, se deben a que las concentraciones en Sevilla también lo fueron, mientras que en Las Palmas los niveles de Olea (33 gn/m³), aunque bajos, se deben casi exclusivamente al aporte desde Sevilla.

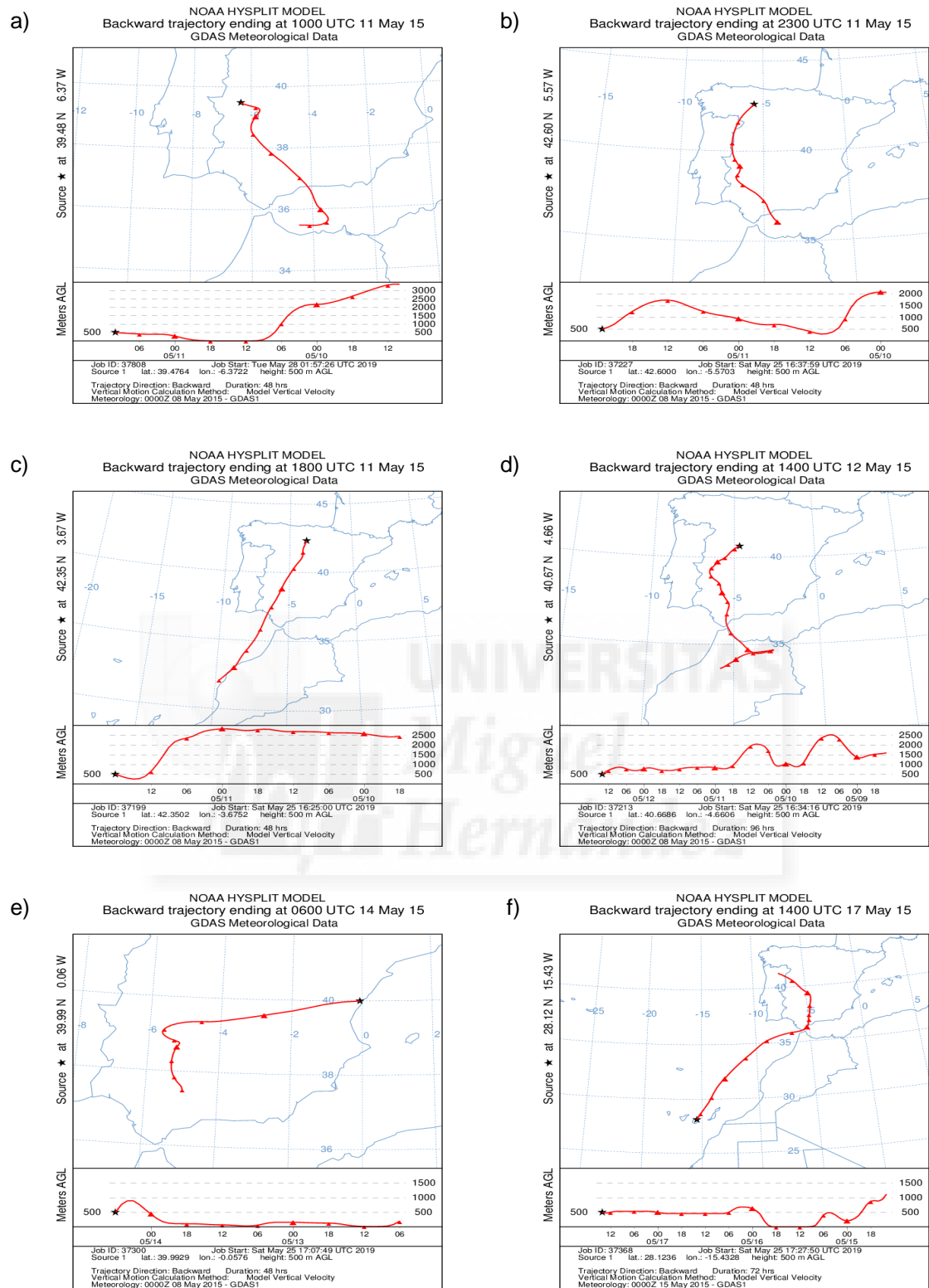
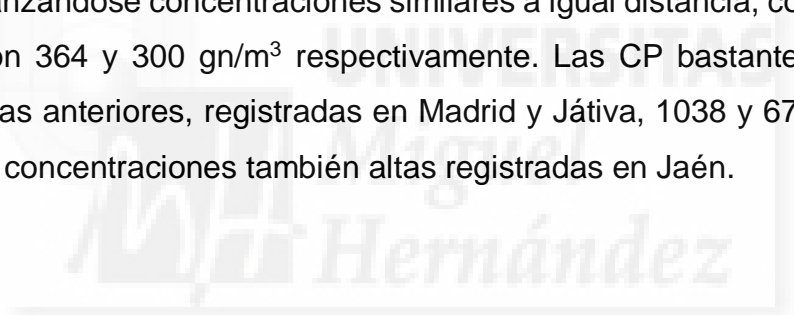


Figura 6. Retrotrayectorias simuladas en las fechas de la concentración pico para: a) Cáceres, b) León; c) Burgos, d) Ávila y e) Castellón, f) Las Palmas de Gran Canaria.

- *Zona sur (Jaén)*

Las concentraciones de Olea registradas en Jaén favorecieron de forma notable a provincias tan remotas como Bilbao, Teruel, Játiva, Murcia, Cuenca y Madrid. Las concentraciones pico en dichas estaciones se observaron en diferentes días del mes de mayo. En la figura 7, las masas de aire procedentes de Jaén muestran su llegada a: Cuenca el día 4, Murcia el día 5, Madrid el día 11, Bilbao y Teruel el día 12, y a Játiva el día 14. Respectivamente, esos días en la estación de Jaén se contabilizaron 6526, 3590, 10659, 12004 y 9150 gn/m³.

De nuevo se observa que las CP más bajas alcanzadas se corresponden con las provincias más alejadas de la fuente, como Teruel (109 gn/m³) y Bilbao (64 gn/m³). Alcanzándose concentraciones similares a igual distancia, como Cuenca y Murcia con 364 y 300 gn/m³ respectivamente. Las CP bastante más altas, respecto a las anteriores, registradas en Madrid y Játiva, 1038 y 675 gn/m³, se deben a las concentraciones también altas registradas en Jaén.



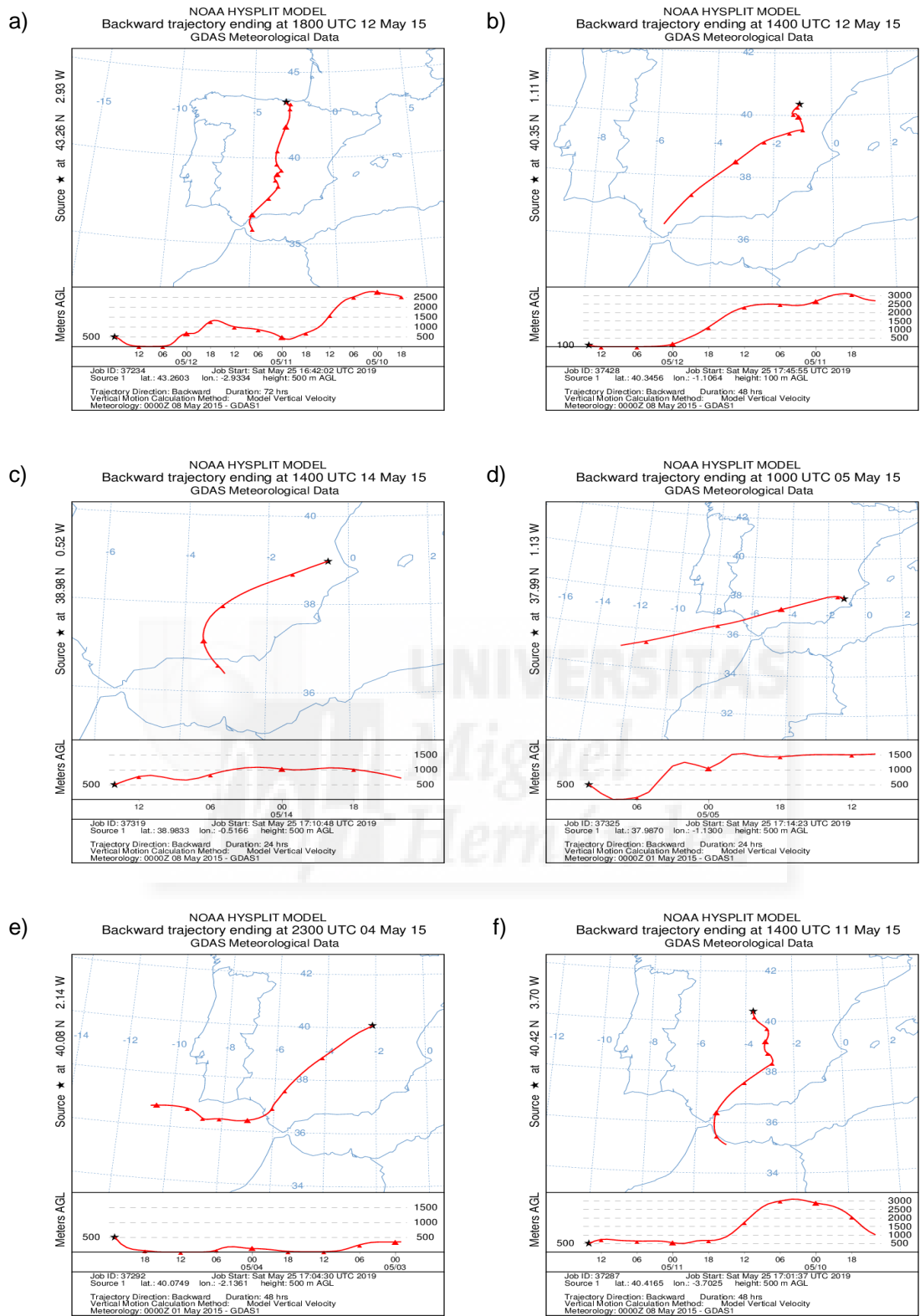
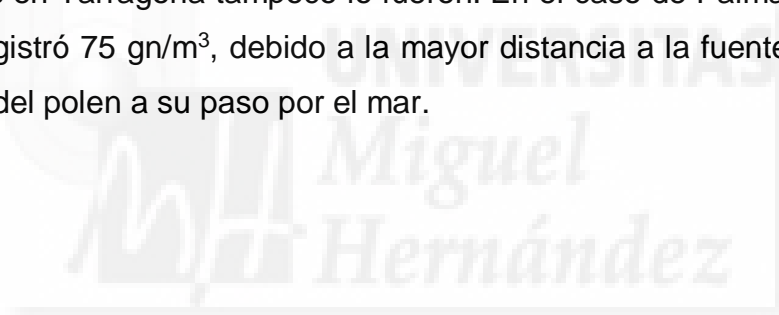


Figura 7. Retro trayectorias simuladas en las fechas de la concentración pico para:
a) Bilbao, b) Teruel; c) Játiva, d) Murcia y e) Cuenca, f) Madrid.

- *Zona este (Tarragona)*

Las concentraciones de Olea registradas en Tarragona, 13 y 16 de mayo (323 y 1143 gn/m³, contribuyen a los recuentos de las estaciones cercanas cómo Gerona y Lérida y, algo más lejos, Palma de Mallorca (Figura 8).

Las estaciones de Lérida y Gerona muestran la llegada de las masas el día 13 de mayo, con recorrido por Tarragona a unos 500 metros. Mientras que a Palma de Mallorca llegan el 16 de mayo. Las estaciones de Lérida y Girona registraron concentraciones de Olea similares (143 y 126 gn/m³) y no muy elevadas ya que los registros en Tarragona tampoco lo fueron. En el caso de Palma de Mallorca que sólo registró 75 gn/m³, debido a la mayor distancia a la fuente y la posible deposición del polen a su paso por el mar.



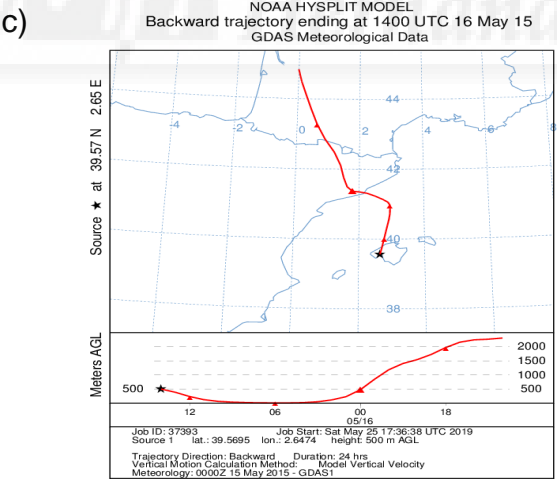
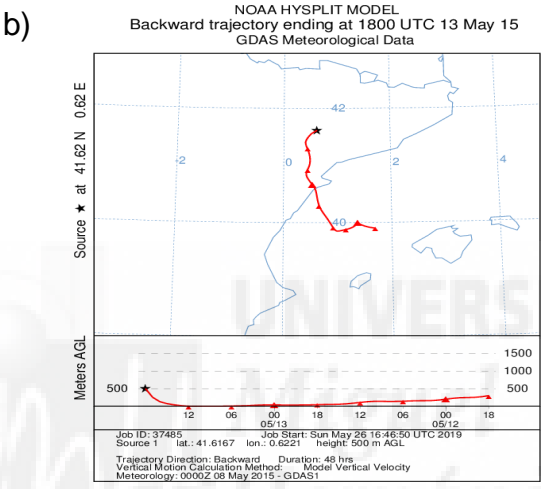
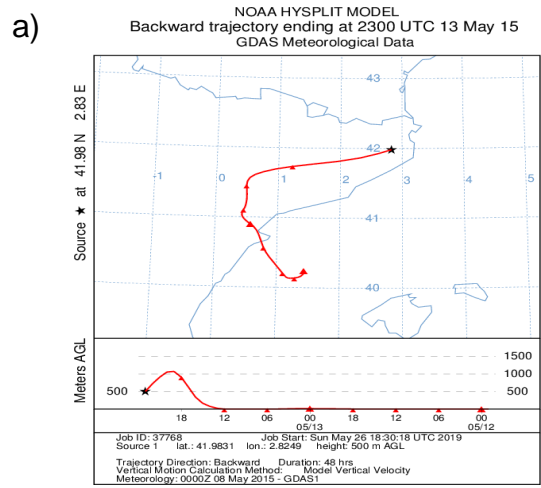


Figura 8. Retro trayectorias en: a) Gerona, b) Lérida y c) Palma de Mallorca.

5. CONCLUSIONES

El estudio realizado permite concluir que:

- Los periodos de polinización principal más tardíos y cortos se dan especialmente en las regiones más frías y más lluviosas, la zona norte de España.
- Los índices polínicos registrados se corresponden con las extensiones de olivo cultivado. Los valores máximos se registraron al sur, los intermedios en el centro y los más bajos al norte.
- Las estaciones con las concentraciones pico más altas, se alcanzaron a mediados de su periodo de polinización principal, y se corresponden con las de mayores índices polínicos, es decir, con las zonas de mayores extensiones de olivar cultivado.
- Las estaciones con menores concentración pico, se corresponden con menores índices polínicos a consecuencia del escaso cultivo de esta especie en la zona, al alcanzarse al inicio de su periodo de polinización principal y en la misma fecha puede indicar que estos picos puntuales procedan de zonas más cálidas con periodos de polinización principal más tempranos.
- El estudio del movimiento de las masas de aire, a través de las retrotrayectorias simuladas por HYSPLIT, muestran una asociación directa con las concentraciones pico anual registrados. Las estaciones más cercanas a la fuente mostraron una mayor influencia sobre las CP alcanzadas en las zonas afectadas, siendo esta aún más pronunciada si el paso de la masa de aire por la fuente se ha realizado a baja altura.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Bousquet J, Anto J, Auffray C, Akdis M, Cambon-Thomsen A, Keil T, et al. (2011) MeDALL (Mechanisms of the Development of ALLergy): an integrated approach from phenotypes to systems medicine. *Allergy* 66(5):596–604
2. Traidl-Hoffmann C, Jakob T, Behrendt H (2009) Determinants of allergenicity. *J Allergy Clin Immunol* 123(3):558–566
3. De Melo-Abreu JP, Barranco D, Cordeiro AM, Tous J, Rogado BM, Villalobos FJ (2004) Modelling olive flowering date using chilling for dormancy release and thermal time. *Agric For Meteorol* 125(1–2):117–127
4. Ziska L, Knowlton K, Rogers C, Dalan D, Tierney N, Elder MA, et al. (2011) Recent warming by latitude associated with increased length of ragweed pollen season in central North America. *Proc Natl Acad Sci USA* 108(10):4248–4251
5. Bousquet J, Van Cauwenberge P, Khaltaev N, Ait-Khaled N, AnnesiMaesano I, Baena-Cagnani C, Bateman E et al. (2001) Allergic rhinitis and its impact on asthma. *J Allergy Clin Immunol* 108:S147–S334
6. D'Amato G. Allergenic pollen in Europe. In: D'Amato G, Bonini S, Bousquet J, Durham S, Platts-Mills T, editors. *Pollenosis 2000: A global approach*. JGInt. Publisher. 2001.
7. European Community Respiratory Health Survey. Variations in the prevalence of respiratory symptoms, selfreported asthma attacks and the use of asthma medications in the European Community Respiratory Health Survey (ECRHS). *Eur Respir J* 1996;9: 687–695.

8. Burney PGJ, Malmberg E, Chinn S, Jarvis D, Luczynska C, Lai E. The distribution of total and specific serum IgE in the European community respiratory health survey. *J Allergy Clin Immunol* 1997;99:314–322.
9. Eder W, Ege MJ, von Mutius E. The Asthma Epidemic. *N Engl J Med* 2006;355:2226–2235.
10. D'Amato G, Cecchi L, Bonini S, Nunes C, Annesi-Maesano I, Behrendt H, et al.(2007) Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy* 62:976–990
11. Gioulekas D, Papakosta D, Damialis A, Spieksma F, Giouleka P, Patakas D (2004) Allergenic pollen records (15 years) and sensitization in patients with respiratory allergy in Thessaloniki, Greece. *Allergy* 59(2):174–184
12. Filon F, Sauli M, Longo L (1998) Oleaceae in Trieste (NE Italy): aerobiological and clinical data. *Aerobiologia* 14(1):51–58
13. Sánchez-Mesa JA, Serrano P, Cariñanos P, Prieto-Baena JC, Moreno C, Guerra F, Galán C (2005) Pollen allergy in Cordoba city: frequency sensitization and relation with antihistamine sales. *J Investig Allergol Clin Immunol* 15(1):50–56
14. De Linares C, Nieto-Lugilde D, Alba F, Díaz de la Guardia C, Galán C, Trigo MM (2007) Detection of airborne allergen (Ole e 1) in relation to *Olea europaea* pollen in S Spain. *Clin Exp Allergy* 37(1):125–132
15. Subiza Garrido-Lestache,J. Pólenes alérgicos en España. *Allergol et Immunopathol* 2004;32(3):121-4.
16. Kirmaz C, Yuksel H, Bayrak P, Yilmaz O (2005) Symptoms of the olive pollen allergy: Do they really occur only in the pollination season? *J Investig Allergol Clin Immunol* 15(2):140–145

17. Galán C, García-Mozo H, Vázquez L, Ruiz L, Díaz de la Guardia C, Trigo MM (2005) Heat requirement for the onset of the *Olea europaea* L. pollen season in several sites in Andalusia and the effect of the expected future climate change. *Int J Biometeorol* 49:184–188
18. Galán C, García-Mozo H, Vázquez L, Ruiz L, Díaz de la Guardia C, Domínguez-Vilches E (2008) Modeling olive crop yield in Andalusia, Spain. *Agron J* 100(1):98–104
19. Tormo-Molina R, Muñoz-Rodríguez A, Silva-Palacios I, GallardoLopez F (1996) Pollen production in anemophilous trees. *Grana* 35(1):38–46
20. Nilsson S (1988) A survey of the pollen morphology of *Olea* with particular reference to *Olea europaea* sens. lat. *Kew Bull* 43 (2):303–315.
21. Koracin, D., et al., Regional source identification using Lagrangian stochastic particle dispersion and HYSPLIT backward-trajectory models. *J Air Waste Manag Assoc*, 2011. 61(6): p. 660-72.
22. Rolph, G.D., F. Ngan, and R.R. Draxler, Modeling the fallout from stabilized nuclear clouds using the HYSPLIT atmospheric dispersion model. *J Environ Radioact*, 2014. 136: p. 41-55.
23. Rallo L, Cuevas J (2008) Fructificación y producción (p. 127-162) In: Barranco D, Fernández Escobar R, Rallo L (eds.) *El cultivo del olivo*, 8ª edición. Junta de Andalucía y Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.
24. Barranco D, Ruiz N, Gómez-del Campo M (2005) Frost tolerance of eight olive cultivars. *HortScience* 40(3): 558-560.

25. Recio M, Cabezudo B, Trigo MM, Toro FJ (1996) *Olea europaea* pollen in the atmosphere of Málaga (S. Spain) and its relationship with meteorological parameters. Grana 35: 308-313
26. Orlandi F, García-Mozo H, Ben Dhiab A, Galán C, Msallem M, Romano B, et al. (2013) Climatic indices in the interpretation of the phenological phases of the olive in mediterranean areas during its biological cycle. Clim Change 116: 263-284
27. Barranco D., Rallo L. Olive cultivars in Spain. HortTechnology January-March (2000) 10 (1).
28. Hernández-Ceballos M, García-Mozo H, Adame J, Domínguez-Vilches E, De la Morena B, Bolívar J, Galán C (2011) Synoptic and meteorological characterisation of olive pollen transport in Córdoba province (south-western Spain). Int J Biometeorol 55 (1):17–34
29. Bullock JM, Clarke RT (2000) Long distance seed dispersal by wind: measuring and modelling the tail of the curve. Oecologia 124:506–521
30. Draxler, R. R., & Hess, G. D. (1998). An overview of the HYSPLIT_4 modelling system for trajectories, dispersion, and deposition. Australian Meteorology Magazine, 47, 295–308.
31. Stach A, Smith M, SkjØth C, Brandt J (2007) Examining Ambrosia pollen episodes at Poznan (Poland) using back-trajectory analysis. Int J Biometeorol 51:275–286

32. SkjØth C, Sommer J, Brandt J, Hvidberg M, Geels C, Hansen K, et al. (2008) Copenhagen—a significant source of birch (*Betula*) pollen? *Int J Biometeorol* 52(6):453–462
33. Smith M, SkjØth CA, Myszkowska D, Uruska A, Malgozata P, Stach A, et al.(2008) Long-range transport of *Ambrosia* pollen to Poland. *Agric For Meteorol* 148:1402–1411
34. Jorba, O., Perez, C., Rocandenbosch, F., & Baldasano, J. M. (2004). Cluster Analysis of 4-Day Back Trajectories Arriving in the Barcelona Area (Spain) from 1997 to 2002. *Journal of Applied Meteorology*, 43, 887–901.
35. Fernández-Rodríguez S, Skjøth CA, Tormo-Molina R, Brandao R, Caeiro E, Silva-Palacios I, et al. (2014) Identification of potential sources of airborne *Olea* pollen in the Southwest Iberian Peninsula. *Int J Biometeorol* 58: 337-348.
36. Izquierdo R., Alarcón M., Mazón J., Pino D., De Linares C., Aguinagalde X., Belmonte J. Are the Pyrenees a barrier for the transport of birch (*Betula*) pollen from Central Europe to the Iberian Peninsula? *Science of the Total Environment* 575 (2017) 1183–1196.
37. Sociedad Española de Alergología e Inmunología Clínica. Disponible en: <https://www.polenes.com/home>
38. Hirst JM. An automatic volumetric spore trap. *Ann App Biol.* 1952; 39:257-65.

39. Thibaudon M., Monnier S., Galán C., Bonini M., Röseler S, Fernández González D. Normalización del método volumétrico tipo Hirst para redes aerobiológicas CEN/C264/WG39. Ponencias presentadas en la I jornada de la asociación española de aerobiología. Rev. salud ambient. 2017;17(Espec. Congr.):39-49.
40. Cook, B.I., Wolkovich, E.M., Parmesan, C., 2012. Divergent responses to spring and Winter warming drive community level flowering trends. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 109, 9000–9005.
41. Ziello, C., Sparks, T.H., Estrella, N., Belmonte, J., Bergmann, K.C., Bucher, E., et al. 2012. Changes to airborne pollen counts across Europe. PLoS One 7, e34076.
42. Peñuelas, J., Filella, I., Zhang, X., Llorens, L., Ogaya, R., Lloret, F., et al., 2004. Complex spatiotemporal phenological shifts as a response to rainfall changes. New Phytol. 161, 837–846.