



FACULTAD DE FARMACIA

Grado en Farmacia

Variación intradiurna del polen del Olivo en la ciudad de Alicante

Memoria de Trabajo Fin de Grado

Sant Joan d'Alacant

Junio 2018

Autor: Celia García Rivera

Modalidad: Experimental

Tutor/es: Montse Varea Morcillo y Nuria Galindo Corral

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a las personas que han hecho que este trabajo sea posible, por un lado:

A la Unidad de Alergia del Hospital General Universitario de Alicante por facilitar el recuento de pólenes, a Nuria por la ayuda proporcionada a la hora de redactar el trabajo, me ha sido muy útil, pero especialmente estos agradecimientos van dirigidos a Montse, por ayudarme en todo lo que necesitaba incluso sin pedírselo, por corregirme, por orientarme cuando me sentía perdida, por hacer de un trabajo desconocido para mí, fácil e interesante, y principalmente por aguantarme, pasara lo que pasara, a cualquier hora del día anteponiendo mi trabajo a otras cosas. Nada de esto habría sido posible sin su ayuda, Gracias.



RESUMEN

El polen del olivo es el segundo taxón que más polinosis causa en España. En la provincia de Alicante tan solo se encuentra un estudio observacional descriptivo que defina el escenario polínico del olivo de la ciudad, que establece una relación entre los niveles de polen de diversos taxones con el aumento de la sensibilización a cada uno de ellos. En el presente trabajo, además de describir el escenario polínico de la ciudad, también se establece la variación intradiaria de polen del olivo, evaluando los posibles factores externos que pueden influir en el patrón de distribución del polen.

A partir del recuento de polen del olivo (*Olea*), medido diariamente como granos por metro cúbico de aire, se representa el escenario polínico de la ciudad de Alicante, alcanzándose las máximas concentraciones de polen principalmente en el mes de mayo. A pesar de obtener un índice de polen (IP) más bajo que en otras provincias debido a la escasez de cultivos de olivo en la zona, se muestra como la incidencia de la rinitis continúa con una tendencia ascendente. Por ello, se estudia más detalladamente el escenario polínico representando la variación diaria de *Olea*, donde los resultados obtenidos establecen una distribución más o menos uniforme a lo largo del día indicando la posible influencia de un factor externo.

Para el estudio de las posibles influencias externas se utilizan los datos meteorológicos de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire (RVCCA), demostrando que ni la temperatura ni la humedad son los responsables de dicho patrón de distribución uniforme. El siguiente factor meteorológico donde se centra el trabajo es el viento, para ello se realiza el estudio del movimiento de las masas de aire, a través de retrotrayectorias simuladas por HYSPLIT, gracias a las cuales se establece que el patrón de variación intradiaria del año 2010 de Alicante está mayoritariamente influenciado por un aporte externo de polen desde otras provincias que poseen un valor de IP más elevado.

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.....	9
2. OBJETIVOS.....	15
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	16
3.1 DATOS METEOROLÓGICOS.....	16
3.2 DATOS POLÍNICOS.....	17
3.3 MODELO HYSPLIT COMO HERRAMIENTA PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO.....	19
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
4.1 VARIACION DIARIA.....	21
4.1 PATRON DE VARIACIÓN DIURNA.....	22
4.2 DÍAS EPISODIO.....	25
5. CONCLUSIONES.....	30
6. BIBLIOGRAFÍA.....	31



1. ANTECEDENTES

La polinosis o alergia al polen, se asocia con síntomas alérgicos estacionales que afectan a los pacientes durante el período de polinización y se manifiesta como rinitis alérgica, conjuntivitis alérgica y asma bronquial alérgica y, a veces, como urticaria.¹⁻³ Las enfermedades alérgicas son un problema de salud global que está aumentando en prevalencia y gravedad, que reducen significativamente la calidad de vida y tienen un impacto económico significativo en la sociedad.^{4,5} Además, se ha determinado que es más frecuente en los en los ámbitos urbanos que en los rurales, debido al aumento de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos que intensifican el riesgo de alergias. Los efectos separados de los bioaerosoles y la contaminación del aire, así como sus efectos sinérgicos, pueden agravar la alergia respiratoria y otras enfermedades pulmonares e incluso modificar la estructura de los alérgenos.⁶

La polinosis y los trastornos respiratorios alérgicos causados a la población de una región geográfica determinada varían según su vegetación y su clima.⁷ Así, en el norte y centro de la península, las gramíneas son la principal causa de polinosis mientras que en el sur de España es el olivo, debido principalmente a la presencia y cantidad de plantas de ese tipo en cada zona. Además, el contenido de polen en el aire se ve afectado por procesos aerobiológicos que dependen de factores meteorológicos. Por ejemplo, la liberación del polen a través de las antenas se relaciona principalmente con la humedad relativa, ya que la ruptura y apertura de éstas se produce tras el aumento de la tensión en las paredes celulares debido a una pérdida de agua⁸. Así mismo, la temperatura influye en el proceso de producción de las flores, permitiendo un desarrollo adecuado de la fotosíntesis, y participa en el desarrollo reproductivo de la planta,^{9,10} mientras que las precipitaciones favorecen su crecimiento y desarrollo. Por otro lado, episodios de lluvias intensas durante los periodos de polinización provocan el lavado de la atmósfera, dificultando el transporte del polen y como consecuencia su reproducción.¹¹ Otros factores como la fuerza o

dirección del viento o las corrientes de convección también afectan y se relacionan con el transporte del polen.

Son numerosos los estudios que se han realizado en áreas de todo el mundo, en particular en ciudades donde la población humana es alta, en la mayoría analizan la variación del recuento polínico diario en el aire a través del tiempo, para determinar la cantidad y distribución de polen en la atmósfera,¹²⁻¹⁹ o bien, han evaluado cualitativa y cuantitativamente la interacción entre los cambios en los parámetros meteorológicos y los cambios en la cantidad de polen transportado por el aire.²⁰⁻²³ Todos ellos han contribuido a proporcionar información valiosa para la investigación y el tratamiento de las alergias al polen, además de dejar bien documentada la correlación directa entre el recuento polínico y la temperatura o la humedad relativa, que se encuentran entre los parámetros meteorológicos más relevantes para determinar el tiempo y la intensidad de la floración y, como consecuencia, el contenido polínico en un área determinada.^{24,25}

Sin embargo, la dinámica del polen también se ve afectada por el viento y la lluvia, lo que puede conducir a la presencia de polen de áreas remotas.²⁶ Por esto último, en los trabajos de la última década abundan los estudios que combinan las posibles fuentes de polen y los cálculos de las trayectorias de las masas de aire con el fin de mejorar la identificación de las áreas reales de origen del polen y la dinámica de su transporte. En este sentido, diferentes herramientas se han utilizado como el sistema SILAM para el estudio de la distribución de fuentes y para la simulación de dispersión directa.²⁷⁻²⁹ Otros modelos numéricos como FLEXPART,³⁰ WRF³¹ y HYSPLIT³² se han utilizado para el cálculo de retrotrayectorias proporcionando información sobre el posible transporte local, regional o de larga distancia de polen, así como sobre el origen del polen transportado por el aire. Las retrotrayectorias trazan el camino recorrido por una masa de aire durante los días previos a su llegada a un sitio determinado. Con esa información, es posible caracterizar el tipo dominante de movimiento de masa de aire sobre un área determinada.^{33,34} El análisis de

retrotrayectorias también proporciona información detallada sobre el camino seguido por una masa de aire hasta su llegada al área de estudio y, por lo tanto, ayuda a localizar el origen de las partículas biológicas detectadas en el aire en cualquier punto de muestreo dado. Como resultado, estudios recientes han podido proporcionar datos detallados sobre el origen largo y regional de varios tipos de polen en diversas áreas climáticas, incluido el polen de Ambrosia en el centro de Polonia³⁵ y el centro norte de Italia³⁶; El polen Betula en Dinamarca³⁷ y el polen Olea en el sur de España³⁸. El modelo HYSPLIT ha demostrado ser altamente eficaz en estudios centrados en la definición de la vía y el posible transporte a gran distancia de contaminantes atmosféricos, aerosoles y para comprender y analizar las concentraciones de polen en el aire.

Las investigaciones, últimamente, se han ampliado hacia el estudio de la dinámica horaria del recuento de polen, concluyendo que cada taxón de polen muestra patrones diarios específicos, que reflejan no solo su propia respuesta genética a las condiciones ambientales sino también las variaciones en las condiciones climáticas en el transcurso del día.³⁹⁻⁴⁵ Estos estudios son particularmente útiles para fines agrícolas, forestales y ambientales. Además, el conocimiento del comportamiento exhibido por el polen en diferentes momentos del día es de gran importancia para que las personas alérgicas al polen lleven a cabo actividades de la vida diaria y tomen medidas preventivas, ayudando a mejorar su calidad de vida.⁴⁶

Con todo ello, ha quedado patente que el contenido de polen en el aire se caracteriza por su periodicidad anual, diaria e intradérmica según patrones biológicos de emisión que se ven afectados por factores meteorológicos, cuyo impacto varía de una región a otra. La liberación y dispersión del polen también depende del microclima, lo que explica las diferencias en el momento de floración y ocurrencia de polen en el aire para la misma especie. Por tanto, la extrapolación de los hallazgos tienen una validez limitada.⁴⁷ La definición de un único patrón de polen para toda una región se convierte en una tarea compleja,

debido al marcado impacto del relieve local y la variación concomitante en las condiciones climáticas superficiales sobre las variaciones en los recuentos de polen tanto diario como horario.⁴⁸⁻⁵⁰

En la provincia de Alicante, se llevan observando los niveles polínicos desde 1995 en la ciudad de Elche, a través del servicio de alergia del hospital y con fines meramente informativos para la población alérgica, ampliándose a diversos puntos más de la provincia en 2007. Hasta la fecha, los trabajos publicados son estudios observacionales de los recuentos polínicos diarios y la incidencia de sensibilización a los mismos en pacientes de la consulta ambulatoria, en 1995 y 2005, observándose un gran aumento en ambos indicando como posibles causas el cambio en las variables climáticas y ambientales.⁵¹ El recuento polínico aumenta hasta el 41%, destacando el incremento registrado en *Olea europea*, *Phoenix dactylifera* y *Cupressaceae*. Respecto a la sensibilización, el mayor aumento es en *Olea europaea* (51.4% vs. 74.9%), *Salsola kali* (53.7% vs. 71.8%) y *Parietaria judaica* (10.3% vs. 21.5%), sin embargo el porcentaje de pacientes monosensibles se mantiene en 16-17%.

En este estudio se analiza el comportamiento diario e intradiario del polen del olivo en la ciudad de Alicante. Se ha enfocado hacia el olivo, por ser uno de los taxones más abundantes en la zona y con una mayor prevalencia sobre la población y que no se corresponde con la presencia de dicha especie en la zona, ya que en la ciudad de Alicante su uso es casi exclusivamente ornamental, encontrándose zonas cultivadas casi exclusivamente al norte de la provincia donde las temperaturas son menos templadas. Por otro lado, el polen del olivo está entre las partículas biológicas que se asocia a síntomas más graves, como el asma bronquial.**Error! Reference source not found.**² Además, presenta una polinización anemófila, es decir, utiliza el viento como vehículo para su transporte con el objetivo de realizar la fecundación⁵³ y que debido a su pequeño tamaño (~20 μm) puede recorrer largas distancias.

Con este trabajo, se pretende ampliar el conocimiento en este campo, y ayudar a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos de Alicante que sufren de alergia y de los visitantes, pues no podemos olvidar que es una de las zonas turísticas de la costa mediterránea, siendo necesario tener una información más fiable sobre las posibilidades de alergias estacionales en la región que visitan.





2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio es proporcionar un análisis detallado de la dinámica diaria e intradiaria del polen del olivo en la ciudad de Alicante.

Para alcanzar este objetivo, se plantean los siguientes objetivos secundarios:

- Describir el escenario polínico del olivo en Alicante mediante datos diarios de polen.
- Proporcionar un análisis detallado de la variación diurna del polen del olivo utilizando datos bihorarios.
- Analizar las posibles influencias de las condiciones climáticas locales (temperatura, humedad y velocidad y dirección del viento), considerando la influencia de los aportes externos sobre los niveles polínicos registrados, empleando el modelo HYSPLIT para simular el movimiento de las masas de aire

3. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio tiene lugar en Alicante, ciudad portuaria de la costa mediterránea, con una extensión de unos 200 km² y una población de casi 300.000 habitantes. Se caracteriza por un clima típico mediterráneo, con abundantes periodos de sol y gran escasez de lluvias, estas últimas concentradas principalmente en el periodo otoñal, llegando a ser de carácter torrencial.

La ciudad de Alicante está caracterizada por una vegetación bastante escasa, junto con pocas zonas ajardinadas. La provincia de Alicante sí cuenta con algunas zonas verdes, pero la mayoría de ellas situadas en el norte y el interior de la provincia. En los terrenos cultivables de algunos municipios como Elche y Orihuela, son importantes la palmera, el limonero, el almendro y el olivo.

Para ejecución de este trabajo, se diseñó una base con datos polínicos y meteorológicos de Alicante durante 2010 y, posteriormente, se analizan utilizando distintos parámetros polínicos y modelos atmosféricos de forma adecuada para conseguir los objetivos propuestos.

3.1 DATOS METEOROLÓGICOS

Los datos meteorológicos se obtienen de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire (RVCCA) de la Generalitat Valenciana, que dispone de una amplia red de estaciones distribuidas por todo su territorio. Con el objetivo de seleccionar la estación meteorológica más adecuada, se realiza una búsqueda exhaustiva en la RVCCA, eligiendo la situada en Alicante – Rabassa. Una vez seleccionada la estación, se accede a los datos históricos que tienen información tanto diaria como horaria de todo el año, por lo que se descargaron ambos archivos debido a su utilidad en este estudio. Los datos obtenidos aportan información acerca de los niveles de precipitaciones, humedad,

temperatura, presión y velocidad del viento. Además, también están disponibles los niveles de algunos contaminantes de la atmósfera en la zona.

3.2 DATOS POLÍNICOS

El análisis y captación de los recuentos polínicos diarios y horarios ha sido realizado, con anterioridad a la elaboración de este trabajo, por el personal del área de Alergia del Hospital General Universitario de Alicante (HGUA) en colaboración con la Asociación Valenciana de Alergia e Inmunología Clínica (AVAIC) y con el apoyo de laboratorios Leti. La captación del polen se realizó con un captador de método volumétrico tipo Hirst⁵⁴ (Fig. 1), situado en la azotea del hospital a 10 metros del suelo, alejado de edificios altos y árboles para así evitar alteraciones en la captación de polen, que funciona con un caudal de 10 L/min permitiendo un muestreo continuo de hasta 7 días.



Figura 1. Imagen del captador volumétrico tipo Hirst.

A continuación, las muestras obtenidas a partir de este método son etiquetadas adecuadamente y teñidas con fucsina para su posterior análisis en el microscopio óptico. El recuento de pólenes se realiza mediante la identificación morfológica de los granos de polen adheridos en la cinta a través de su morfología característica, en este caso la del Olea (Fig. 2) siguiendo la

normativa establecida por la Red Española de Aerobiología (REA),⁵⁵ obteniéndose las concentraciones de polen, tanto diarias como horarias, de cada uno de los taxones presentes en la atmósfera de Alicante, entre las que se encuentra el Olivo. Las concentraciones se obtienen en granos de polen/m³ (gn/m³).



Figura 2. Polen del olivo teñido con fucsina.

A partir de las concentraciones polínicas y, con el fin de, definir el escenario polínico del olivo en Alicante, se consideran los siguientes parámetros:

- 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%.
- 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.
- Concentración pico (CP) o nivel máximo diario de polen del olivo registrado durante el año, expresada en gn/m³.

Por otro lado, las concentraciones se utilizan para establecer su variación a lo largo del día. Para ello, solo se consideraron los días que registraron niveles diarios de Olea iguales o superiores al nivel medio registrado durante el período principal de polinización, excluyéndose también aquellos días que registraron alguna precipitación. Finalmente se calculan los valores porcentuales bihorarios y se representan gráficamente. Además, también se calcula el *índice de distribución intradiurna (IDI)* como parámetro numérico que permite valorar, a partir de datos simples, ese mismo objetivo. Se calcula a partir de la diferencia entre las concentraciones horarias acumuladas máxima y mínima dividida entre la concentración acumulada total para los días considerados. Su valor oscila entre 0 y 1, indicando los valores más altos la existencia de un pico máximo de distribución del polen, mientras que valores cercanos a 0 indicarían una distribución más uniforme a lo largo del día.

$$IDI = \frac{M - m}{T} \quad 0 < IDI < 1$$

3.3 MODELO HYSPLIT COMO HERRAMIENTA PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO.

El modelo HYSPLIT se utiliza para simular el movimiento de las masas de aire y, por tanto, el transporte o la dispersión del polen del olivo que contiene. Con este modelo se determina la procedencia del polen del olivo registrada en Alicante (38.3453 y -0.4831) a una determinada hora, simulando retrotrayectorias (“backward”, hacia atrás) utilizando la base de datos meteorológicos GDAS (Global Assimilation System), como se indica en la parte superior de la Figura 3. Se simularon 12 retrotrayectorias para cada día (una cada dos horas), a 100, 500 y 1000 m de altura, a intervalos de tiempo de 6 h y con una duración máxima de 24 h (Fig. 3, parte inferior). Así mismo, en la parte superior de la figura 3, se muestra la fecha y la hora seleccionada para la

aplicación del modelo, que debido a su uso a nivel internacional utiliza como referencia horaria el Tiempo Universal Coordinado (UTC). Sin embargo, las concentraciones de polen del olivo, tanto diarias como bihorarias, se refieren a hora local, que en la temporada estival equivale a sumar 2 horas a la hora UTC. Por tanto, para salvar este desfase horario se opta por indicar los resultados obtenidos en horario local, realizándose las equivalencias oportunas.

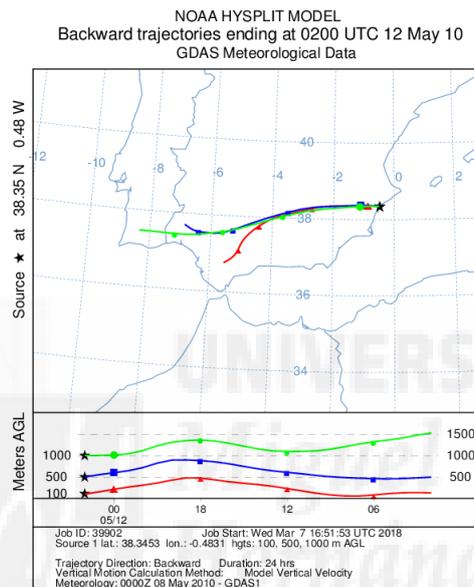


Figura 3. Simulación del movimiento de las masas de aire que llegaron a Alicante el 12 de mayo de 2010 a las 02:00 UTC

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los datos diarios de polen se utilizaron para describir el escenario polínico del olivo y para establecer el patrón de variación intradiurna. Además, con el modelo HYSPLIT se puede justificar las variaciones en las concentraciones de polen de los días episodio.

4.1 VARIACION DIARIA

Durante 2010, en Alicante, se detectó *Olea* en 75 días, lo que equivale a la presencia de polen en tan solo un 20,5% del año. Las mayores concentraciones de polen se alcanzaron principalmente en el mes de mayo. El PPP comprendió 46 días, un 12,6% del total de días del año, dicho periodo comprende desde el 5 de mayo al 19 de junio de 2010 (Fig. 4).

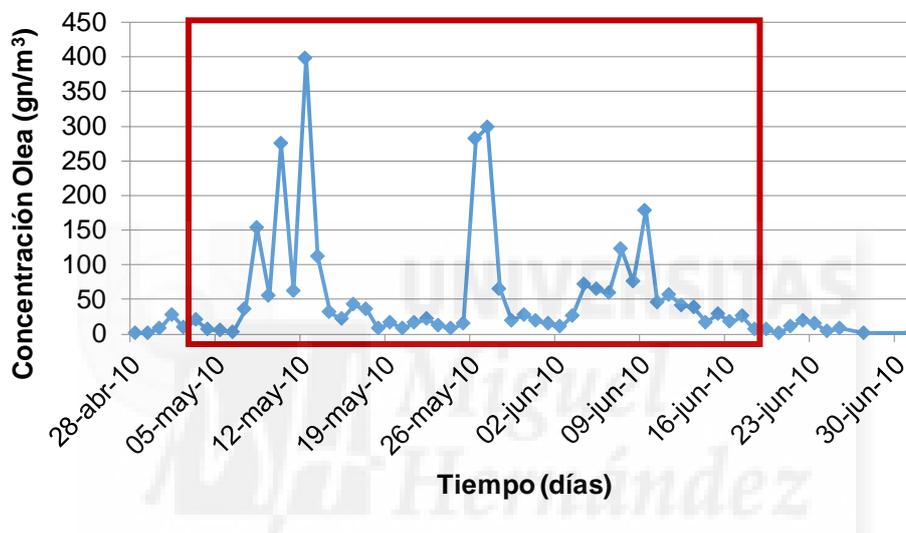


Figura 4. Variación de la concentración diaria de polen en el año 2010.

El promedio de concentración de *Olea* para 2010 fue de 63,78 gn/m³, siendo superado tan solo por 12 días, destacando entre ellos el 12 de mayo que registro la máxima concentración (CP) alcanzado los 398 gn/m³, seguido de los días 26 y 27 de mayo con unas concentraciones ligeramente inferiores (282 y 298 gn/m³ respectivamente).

Para el olivo como nivel umbral para la aparición de la rinitis se establece un valor de concentración superior a los en 200 gn/m³.⁵⁶ En Alicante, el nivel umbral sólo fue superado durante 4 días en todo el año. El valor del IP en el PPP es de 2.934 gn/m³, inferior al alcanzado en otras ciudades de España como Toledo (12.710 gn/m³), Ciudad Real (4.852 gn/m³) o Jaén que llega a

superar los 20.000 gn/m³.⁵⁶ Los bajos niveles de Alicante se debe a la baja presencia del olivo en la ciudad, junto con zona cultivadas al norte de la provincia que sólo representa el 4-8% del cultivo total en España⁵⁷, frente a la abundante presencia de este árbol en Jaén y Andalucía (Fig. 5). Andalucía es el mayor productor de aceite de oliva de Europa.

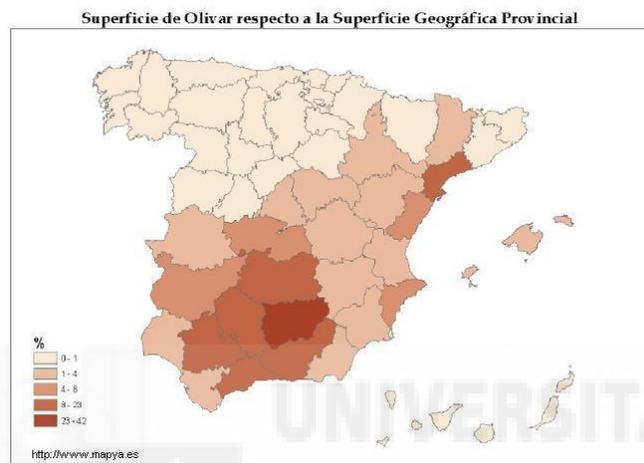


Figura 5: Densidad de cultivo de olivo en la Península Ibérica, 2009. Fuente geohistoriaymas.wordpress.com

4.1 PATRON DE VARIACIÓN DIURNA

De los 46 días incluidos en el PPP se seleccionaron 12 días, que se corresponden con aquellos que presentaron niveles de polen superiores al promedio anual (63.78 gn/m³). Seguidamente, descartando los días de precipitaciones (13 y 27 de Mayo), el patrón de variación diurna se estableció con los 10 días restantes. De ellos, 5 días correspondieron al mes de mayo y 5 días al mes de junio. Posteriormente, se calculan los porcentajes bihorarios para los días seleccionados y se representan gráficamente para obtener el patrón de variación intradiaria (Fig. 6).

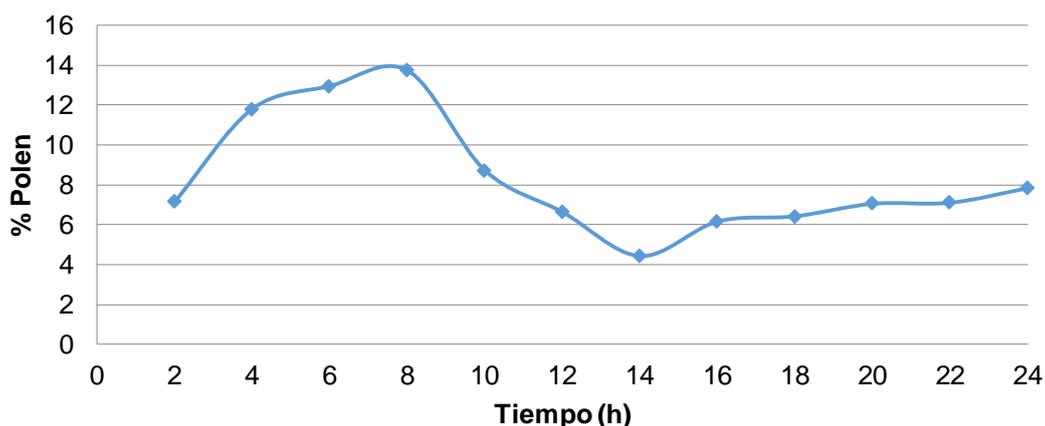


Figura 6. Patrón de variación diurna de Olea en Alicante

La figura 6 muestra que la franja horaria en la que se encuentra la mayor concentración de polen está comprendida entre las 02:00 h y las 08:00 h de la mañana. En las horas centrales del día se observa una disminución de la concentración de polen, alcanzándose el mínimo a las 14:00 h, momento a partir del cual los niveles se incrementan ligeramente hasta el final del día. El máximo se produce a las 08:00 h representando el 13,73% de la concentración de polen diaria, mientras que la contribución del valor mínimo situado a las 14:00 h es del 4,43%. El valor promedio diario es del 8,3 % por lo que el máximo y el mínimo no distan mucho de este valor, mostrando así una dispersión más o menos uniforme a lo largo del día. Además, se calcula el IDI mediante el valor máximo 263 gn/m^3 y mínimo 85 gn/m^3 del sumatorio de las concentraciones bihorarias y se divide entre el total (1915 gn/m^3) obteniéndose un valor de 0,093.

Los resultados muestran que, en Alicante, el patrón intradiario del olivo muestra una curva bastante plana, destacando sólo un pequeño aumento durante el amanecer. Este patrón es muy diferente al mostrado en otras ciudades como Córdoba que presentan un pico bastante pronunciado durante las horas centrales de día, debido a la máxima eflorescencia de la flor durante dicho horario.⁵⁸ Esto junto con un IDI cercano a cero hace pensar y plantearse la

posible influencia de polen del olivo desde otras zonas España hacia la ciudad de Alicante. Esta idea toma más fuerza, tras observar el patrón intradiario mostrados por la temperatura o la humedad relativa (Fig. 7) que no muestran ninguna similitud con el polen del olivo.

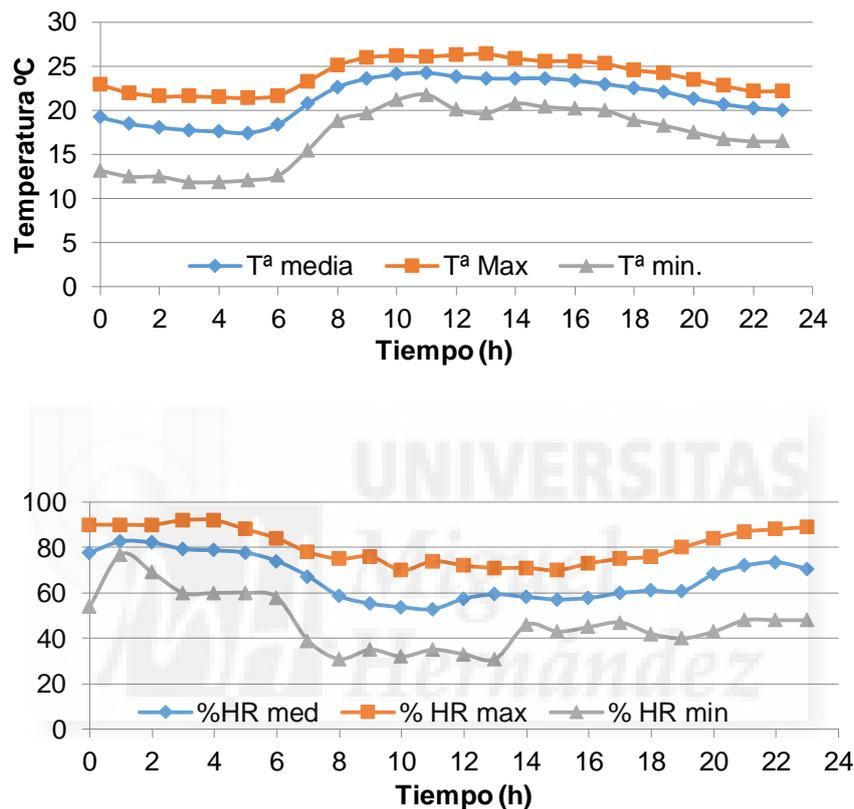


Figura 7. Variación diaria de la temperatura y de la humedad relativa durante los días seleccionados del PPP del olivo en Alicante durante 2010

La estabilidad atmosférica afecta la concentración intradérmica de polen porque restringe los movimientos verticales del aire.⁵⁹ La dirección y la velocidad del viento influyen en la dispersión horizontal de las partículas y afectan a la distribución horaria de la concentración de polen. Además, el viento es un transportador de larga distancia que contribuye a la detección de polen no nativo, lo que influye en el modelo de distribución intradérmica de un tipo particular de polen^{60,61}, por lo que se va a estudiar el efecto del movimiento

de las masas de aire sobre las concentraciones de polen con ayuda de un modelo HYSPLIT.

4.2 DÍAS EPISODIO

Con el fin de observar y analizar la posible influencia del aporte externo sobre las concentraciones de Olea registradas en Alicante, en este apartado se estudiarán de forma más detallada los días episódicos que registraron concentraciones de Olea iguales o superiores al percentil 95. Esos días corresponden al 12 de mayo, con una concentración de 398 gn/m^3 (CP), y al 26 y 27 de mayo con concentraciones de 282 y 298 gn/m^3 , respectivamente. La concentración acumulada de Olea durante estos días llega a representar el 33,4% del total. En la figura 8, se muestra gráficamente la variación horaria registrada para cada uno de los días.

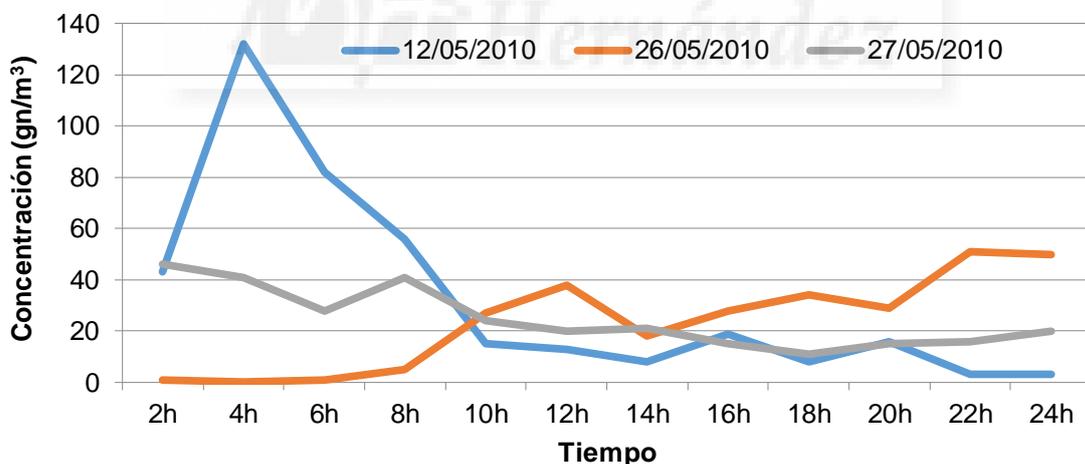


Figura 8. Representación de las concentraciones bihorario de Olea para los días episodio.

La variación intradiurna mostrada entre los diferentes días es bastante heterogénea y, de nuevo, prácticamente ninguno de ellos presenta un máximo durante las horas centrales del día, mostrando la posible influencia externa

sobre los niveles de Olea registrados⁶², por ello, a continuación con ayuda de las retrotrayectorias se pasa a explicar más detalladamente cada uno de dichos días. Para explicar estas diferencias se utiliza el modelo HYSPLIT para ver el movimiento de las masas de aire y por tanto el origen del polen externo.

- *Episodio del 12 de mayo*

Se caracteriza por un aumento de las concentraciones de Olea entre las 02:00 h y las 08:00 h, situándose entre ellos el pico máximo de concentración con un valor 132 gn/m^3 a las 04:00 h (Fig. 8). Si se observa la retrotrayectoria (Fig. 9a) se aprecia como las masas de aire estaban situadas entre las 12:00 h y las 18:00 h en Córdoba y Jaén (provincias con amplios terrenos de cultivo de olivos)⁵⁸ coincidiendo con el periodo de máxima eflorescencia. Esto apunta a que la llegada de esta masa de aire a Alicante es la responsable del aumento en las concentraciones de Olea en las primeras horas del día y del valor máximo registrado a las 04:00 h (Fig. 8).

Las concentraciones de Olea a partir del momento en que se alcanza el máximo, descienden y se mantienen constantes a lo largo del día. A pesar de que las dos retrotrayectorias del día 12 de mayo son aparentemente similares, se pueden apreciar diferencias que son las responsables de la disminución en los niveles de Olea. Estas diferencias se observan en la retrotrayectoria calculada a las 10:00 h (Fig. 9b), ya que a pesar de que las masas de aire siguen atravesando las provincias andaluzas, su paso por esa zona no coincide con las horas centrales del día. Además, las masas de aire llegan a alcanzar los 1500 m de altura (Fig. 9b parte inferior), dificultando en exceso el arrastre de los granos de polen.

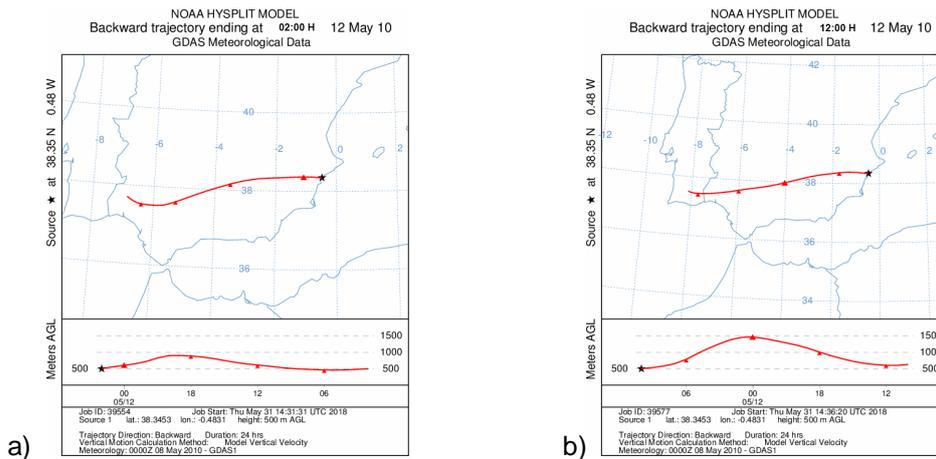


Figura 9. a) Retrotrayectoria del 12 de mayo a las 04:00 h (02:00 UTC). b) Retrotrayectoria del 12 de mayo a las 12:00 h (10:00 UTC)

- *Episodio del 26 de mayo*

A lo largo de este día se muestra un patrón ascendente. No se detecta Olea en las primeras horas del día pero a partir de las 08:00 h las concentraciones comienzan a ascender hasta alcanzar un máximo de 51 gn/m^3 a las 22:00 h. Los niveles de Olea nulos se corresponden con las horas iniciales del día donde no es característico encontrar concentraciones de polen. Además, ese momento no coincide con ningún aporte externo (Fig. 10a) ya que las masas de aire provienen del mar. A partir de las 08:00 h se registra un aumento de las concentraciones de Olea debido a un aporte externo. En este caso el aporte externo proviene de dos zonas: la provincia de Ciudad Real, que coincide con las horas centrales del día (Fig.10b) y, como se observa en la retrotrayectoria calculada a las 22:00 h, también se produce un aporte externo de la zona de Murcia a 1000 m (Fig. 10c).

A pesar de que las concentraciones de Olea vayan en aumento a lo largo del día, no son tan significativas como las altas concentraciones registradas el día 12, ya que como bien se ha comentado, el aporte externo provenía de las provincias españolas con mayor cantidad de olivos en las horas centrales del día.

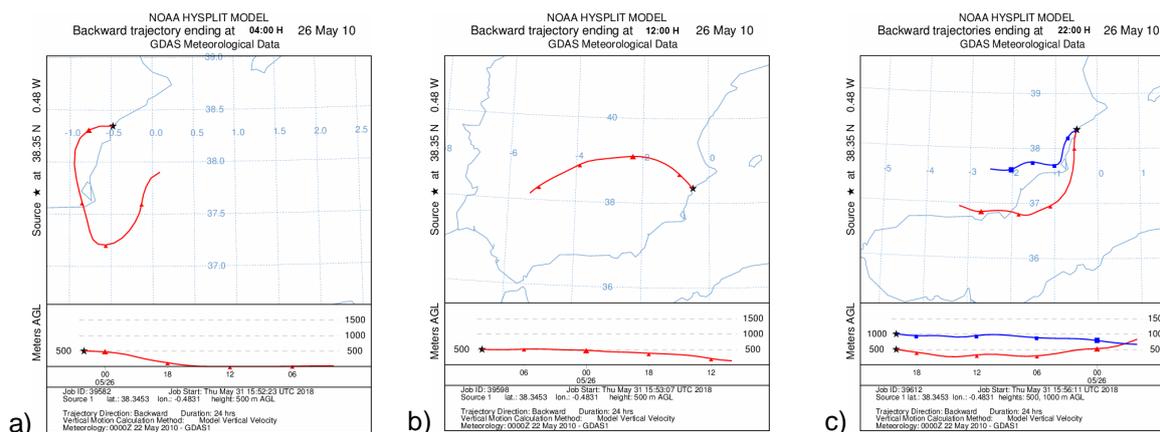


Figura 10. a) Retrotrayectoria del 26 de mayo a las 04:00 h (02:00 UTC). b) Retrotrayectoria 26 mayo a las 12:00h (10:00 UTC) c) Retrotrayectoria del 26 de mayo a las 22:00 h (20:00 UTC)

- *Episodio del 27 de mayo*

El patrón del día 27 de mayo se caracteriza por una disminución progresiva de las concentraciones de polen del olivo a lo largo del día (Fig. 8). En este caso, en todas las retrotrayectorias realizadas, no se observa ningún aporte externo, como se aprecia en la Figura 11. La ausencia de aporte externo se debe a que las corrientes de aire que llegan a Alicante provienen todas del mar. Por tanto, los altos niveles de polen registrados este día se pueden atribuir al polen remanente, es decir al polen del día anterior que permanece suspendido en el aire debido a la baja velocidad de las masas de aire.

A velocidad moderada del viento, el conteo de polen en la atmósfera no disminuye. Durante el día, cuando la nube de polen se eleva por las corrientes de convección, no se realiza una selección de granos de polen de acuerdo con su tamaño y masa, pero durante la noche, especialmente en uno silencioso, los granos más grandes y pesados descienden significativamente más rápido que los más pequeños⁶³. Por lo que a medida que avanza el día, las partículas de polen se van depositando en el suelo.

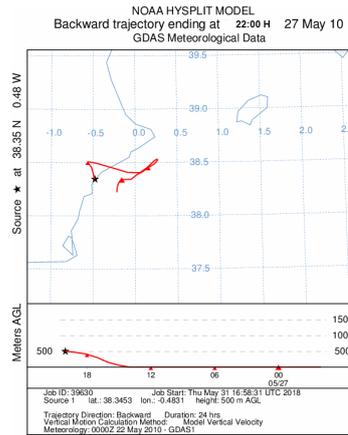


Figura 11. Retrotrayectoria del 27 de mayo a las 22:00 h (20:00 UTC)



5. CONCLUSIONES

El estudio realizado permite concluir que:

- ✓ El escenario polínico de la ciudad muestra los niveles máximos de polen en el mes de mayo. Además, se registra un IP más bajo que en otras provincias debido a la escasez de cultivos de olivo. A pesar de ello, la rinitis producida por Olea ha aumentado considerablemente en los últimos años.
- ✓ El patrón de variación diurna del polen del olivo está influenciado por un factor externo que no se corresponde con variables meteorológicas como la temperatura y la humedad. Se obtiene un IDI próximo a 0 que, junto con el hecho de que las horas de máxima concentración de polen no coincidan con las horas centrales del día (periodo de máxima eflorescencia), permite suponer que hay un aporte externo de polen transportado a la provincia gracias al movimiento de las masas de aire.
- ✓ El estudio del movimiento de las masas de aire, a través de las retrotrayectorias simuladas por HYSPLIT, muestran que las fluctuaciones de las curvas intradiarias de los recuentos de pólenes también se ven afectadas por los granos traídos de la dispersión larga y de la redeposición pero solo en un pequeño grado.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. 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, 174–184.
2. Traidl-Hoffmann C, Jakob T, Behrendt H (2009) Determinants of allergenicity. *J Allergy Clin Immunol* 123(3):558–566
3. Ziska L, Knowlton K, Rogers C, Dalan D, Tierney N, Elder MA, Filley W, Shropshire J, Ford LB, Hedberg C, Fleetwood P, Hovanky KT, Kavanaugh T, Fulford G, Vrtis RF, Patz JA, Portnoy J, Coates F, Bielory L, Frenz D (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
4. D'Amato, G., Cecchi, L., Bonini, S., Nunes, C., Annesi-Maesano, I., Behrendt, H., Liccardi, G., Popov, T., & van Cauwenberge, P. (2007). Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy*, 62, 976–990.
5. Bousquet J, Anto J, Auffray C, Akdis M, Cambon-Thomsen A, Keil T, Haahtela T, Lambrecht BN, Postma DS, Sunyer J, et al. (2011) MeDALL (Mechanisms of the Development of ALLergy): an integrated approach from phenotypes to systems medicine. *Allergy* 66(5):596–604
6. Jianan X, Zhiyun O, Hua Z, Xiaoke W, Hong M. Allergenic pollen plants and their influential factors in urban areas. *Acta Ecologica Sinica*. 2007; 27(9): 3820-3827.
7. D'Amato, G., Lobefalo, G. (1989). Allergenic pollens in the Southern Mediterranean area. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 83, 116–122.
8. Dyakowska J. Podrecznik palynologii. Metody i problemy. Wydawnictwa geologiczne, Warszawa, 1979: pp. 325 (en polaco).

9. Gordo O, Sanz JJ (2010) Impact of climate change on plant phenology in Mediterranean ecosystems. *Glob Change Biol* 16: 1082-1106.
10. Barranco D, Ruiz N, Gómez-del Campo M (2005) Frost tolerance of eight olive cultivars. *HortScience* 40(3): 558-560
11. Connor DJ, Fereres E (2005) The physiology of adaptation and yield expression in olive. *Hortic Rev* 31: 155-229
12. Ballero, M., & Maxia, A. (2003). Pollen spectrum variations in the atmosphere of Cagliari, Italy. *Aerobiologia*, 19, 251–259.
13. Docampo, S., Recio, M., Mar Trigo, M., Melgar, M., Cabezudo, B. (2007). Risk of pollen allergy in Nerja (southern Spain): a pollen calendar. *Aerobiologia*, 23, 189–199.
14. Myszkowska, D., Jenner, B., Stepalska, D., & Czarnobilska, E. (2011). The pollen season dynamics and the relationship among some season parameters (start, end, annual total, season phases) in Krakow, Poland, 1991-2008. *Aerobiologia*, 27, 229–238.
15. Melgar, M., Trigo, M. M., Recio, M., Docampo, S., Garcia-Sanchez, J., & Cabezudo, B. (2012). Atmospheric pollen dynamics in Münster, north-western Germany: a three-year study (2004-2006). *Aerobiologia*, 28, 423–434.
16. Puljak, T., Mamić, M., Mitić, B., Hrga, I., & Hruševar, D. (2016). First aerobiological study in Mediterranean part of Croatia (Dalmatia): pollen spectrum and seasonal dynamics in the air of Split. *Aerobiologia*, 32, 709–723.
17. Hadj Hamda, S., Ben Dhiab, A., Galan, C., & Msallem, M. (2017). Pollen spectrum in Northern Tunisia, Tunisia. *Aerobiologia*, 33, 243–251.
18. Pérez-Badía R, Rapp A, Morales C, Sardinero S, Galán C, García-Mozo H (2010) Pollen spectrum and risk of pollen allergy in central Spain. *Ann Agric Environ Med* 17:139–151

19. Cariñanos P, Casares-Porcel M (2011) Urban green zones and related pollen allergy: a review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact. *Landsc Urban Plan* 101:205–214
20. Ribeiro, H., & Abreu, I. (2014). A 10-year survey of allergenic airborne pollen in the city of Porto (Portugal). *Aerobiologia*, 30, 333–344.
21. Rodriguez-Rajo, F. J., Jato, V., & Aira, M. J. (2003). Pollen content in the atmosphere of Lugo (NWSpain) with reference to meteorological factors (1999–2001). *Aerobiologia*, 19, 213–225.
22. Sahney, M., & Chaurasia, S. (2008). Seasonal variations of airborne pollen in Allahabad, India. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 15, 287–293.
23. Kizilpinar, I., Civelek, E., Tuncer, A., Dogan, C., Karabulut, E., Sahiner, U. M., Yavuz, S. T., & Sackesen, C. (2011). Pollen counts and their relationship to meteorological factors in Ankara, Turkey during 2005–2008. *International Journal of Biometeorology*, 55, 623–631.
24. Fornaciari M, Pieroni L, Giuchi P, Romano B (1998) A regresión model for the start of the pollen season in *Olea Europaea* L. *Grana* 37:110–113
25. Vázquez LM, Galán C, Domínguez-Vilches E (2003) Influence of meteorological parameters on olea pollen concentration in Córdoba (South-western Spain). *Int J Biometeorol* 48:83– 90
26. Bullock JM, Clarke RT (2000) Long distance seed dispersal by wind: measuring and modelling the tail of the curve. *Oecologia* 124:506– 521
27. Siljamo, P., Sofiev, M., Severova, E., Ranta, H., Kukkonen, J., & Polevova, S. (2008). Sources, impact and exchange of early-spring birch pollen in the Moscow region and Finland. *Aerobiologia*, 24, 211–230.

28. Veriankaite, L., Siljamo, P., Sofiev, M., Sauliene, I., & Kukkonen, J. (2010). Modelling analysis of source regions of long-range transported birch pollen that influences allergenic seasons in Lithuania. *Aerobiologia*, 26, 47–62.
29. Sofiev M, Siljamo P, Ranta H, Linkosalo T, Jaeger S, Jaeger C, et al. From Russia to Iceland: An evaluation of a large-scale pollen and chemical air pollution episode during April and May, 2006. In: Clot B, Comtois P, Escamilla-Garcia B, et al., editors. *Aerobiological monographs. Towards a comprehensive vision*. Montreal, Canada: MeteoSwiss (CH) and University of Montreal (CA); 2012. pp. 95–113.
30. Stohl, A., Hittenberger, M., & Wotawa, G. (1998). Validation of the Lagrangian particle dispersion model FLEXPART against large scale tracer experiments. *Atmospheric Environment*, 32, 4245–4264.
31. Skamarock, W. C., J. B. Klemp, J. Dudhia, D. O. Gill, D. M. Barker, M. G. Duda, X. Huang, W. Wang, and J. G. Powers (2008), A description of the Advanced Research WRF Version 3, NCAR Technical Note, NCAR/TN-475 + STR, doi:10.5065/D68S4MVH.
32. 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.
33. 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.
34. Hondula, D. M., Sitka, L., Davis, R. E., Knight, D. B., Gawtry, S. D., Deaton, M. L., et al. (2010). A back-trajectory and air mass climatology for the Northern Shenandoah Valley, USA. *International Journal of Climatology*, 30, 569–581
35. Stach, A., Smith, M., Skjøth, C., & Brandt, J. (2007). Examining Ambrosia pollen episodes at Poznan (Poland) using back-trajectory analysis. *International Journal of Biometeorology*, 51, 275–286.

36. Cecchi, L., Torrigiani Malaspina, T., Albertini, R., Zanca, M., Ridolo, E., Usberti, I., et al. (2007). The contribution of long-distance transport to the presence of Ambrosia pollen in central northern Italy. *Aerobiologia*, 23, 145–151.
37. Skjøth, C., Sommer, J., Brandt, J., Hvidberg, M., Geels, C., Hansen, K., et al. (2008). Copenhagen—a significant source of birch (*Betula*) pollen? *International Journal of Biometeorology*, 52(6), 453–462.
38. Hernandez-Ceballos, M.A., García-Mozo, H., Adame, J.A., Domínguez-Vilches, E., De la Morena, B.A., Bolívar, J.P., et al. (2010). Synoptic and meteorological characterization of olive pollen transport in Cordoba province (Southwestern Spain). *International Journal of Biometeorology*. doi:10.1007/s00484-010-0306-4.
39. Pérez-Badía R, Vaquero C, Sardinero S, Galán C, García-Mozo H (2010b) Intradiurnal variations of allergenic tree pollen in the atmosphere of Toledo (Central Spain). *Ann Agric Environ Med* 17:37–43.
40. Fernández-Rodríguez S, Skjøth CA, Tormo-Molina R, Brandao R, Caeiro E, Silva-Palacios I, Gonzalo-Garijo A, Smith M (2014). Identification of potential sources of airborne *Olea* pollen in the southwest Iberian Peninsula. *Int J Biometeorol* 58:337–348.
41. Alba F, Díaz de la Guardia C, Comtois P: The effect of meteorological parameters on diurnal patterns of airborne olive pollen concentration. *Grana* 2000, 39, 200–208.
42. Galán C, Infante F, Ruiz de Clavijo E, Domínguez E: Variación estacional y diaria del polen de *Olea europaea* L. en la atmósfera de Córdoba en relación con los parámetros meteorológicos. *Asoc Palinol Leng Esp* 1988, 4, 46–53.

43. Kasprzyk I: Comparative study of seasonal and intradiurnal variation of airborne herbaceous pollen in urban and rural areas. *Aerobiologia* 2006, 22, 185–195.
44. Kasprzyk I, Harmata K, Myszkowska D, Stach A, Stepalska D: Diurnal variation of chosen airborne pollen at five sites in Poland. *Aerobiologia* 2001, 17, 327–345.
45. Trigo MM, Cabezudo B, Recio M, Toro FJ: Annual, daily and diurnal variations of Urticaceae airborne pollen in Málaga (Spain). *Aerobiologia* 1996, 12, 85–90.
46. Ribeiro, H., Oliveira, M., Abreu, I. (2008). Intradiurnal variation of allergenic pollen in the city of Porto (Portugal). *Aerobiologia*, 24, 173–177.
47. Sánchez-Mesa JA, Brandao R, Lopes L, Galán C (2005) Correlation between pollen counts and symptoms in two different areas of the Iberian Peninsula: Cordoba (Spain) and Evora (Portugal). *J Investig Allergol Clin Immunol* 15:112–116.
48. Hernández-Ceballos MA (2012). Caracterización meteorológica y modelización de Andalucía occidental. Ph.D. thesis, University of Huelva, Huelva, p284, ISBN: 978-84-15147-73-2.
49. Im U, Yenigun O (2005). An application of a puff dispersion model on power plant emissions in Yatagan region, Turkey. *Int J Environ Pollut* 23:314–324.
50. Bouchlaghem K, Mansour FB, Elouragini S (2007). Impact of a sea breeze event on air pollution at the eastern Tunisian coast. *Atmos Res* 86:162–172
51. Fernandez Jr, Flores E, Varea M, Soriano V, Gonzalez P. Evolution of the incidence of pollen grains and sensitivity to pollen in the city of Elche (Spain). *Asian Pac J Allergy Immunol*. 2015;33:196-202.

52. Bousquet J., Cour P., Guerin B. and Michel F.B.: 1984, Allergy in the Mediterranean Area. I. Pollen counts and pollinosis of Montpellier. *Clin. Allergy*, 249–258.
53. Fernandez-Rodriguez S, Carsten-Ambelas S, Tormo-Molina R, Brandao R, Caeiro E, Silva-Palacios I, Gonzalo-Garijo A, et al. Identification of potential sources of airborne Olea pollen in the Southwest Iberian Peninsula. *Int J Biometeorol* (2014) 58:337–34.
54. Hirst JM. An automatic volumetric spore trap. *Ann App Biol.* 1952; 39:257-65.
55. Subiza Garrido-Lestache FJ, Pola Pola J, Feo Brito F, Moral de Gregorio AJ. Pólenes de interés en alergología en nuestro medio. En: Peláez Hernández A, Dávila González IJ, editores. *Tratado de alergología*, tomo I. Madrid: Ergon; 2007. p. 425-447.
56. Sociedad Española de Alergología e Inmunología Clínica. Disponible en: <https://www.polenes.com/home>
57. FAOSTAT [Internet]. Faostat3.fao.org. 2016 [cited 12 June 2016]. Available from: http://faostat3.fao.org/browse/Q/*E
58. Domínguez E, Infante F, Galán C, Guerra F, Villamandos F. Variation in the concentrations of airborne Olea pollen and associated pollinosis in Córdoba (Spain); a study of the ten years period 1982–1991. *J Investig Allergol Clin Immunol* 3(3):121–129.
59. Cariñanos P, Galán C, Alcazar P, Domínguez E: Meteorological phenomena affecting the presence of solid particles suspended in the air during winter. *Int J Biometeorol* 2000, 44, 6–10.
60. Hernández-Ceballos MA, García-Mozo H, Adame JA, Domínguez-Vilches E, De la Morena BA, Bolívar JP, Galán C: Synoptic and meteorological

characterization of olive pollen transport in Cordoba province (south–western Spain). *Int J Biometeorol* DOI: 10.1007/s00484–0100306–4

61. Stach A, Smith M, Skjøth C, Brandt J: Examining Ambrosia pollen episodes at Poznan (Poland) using back-trajectory analysis. *Int J Biometeorol* 2007, 51, 275–286.

62. Corden J, Millington W: A study of Quercus pollen in the Derby area, UK. *Aerobiología* 1999, 15, 29–37.

63. Bousquet J, Van Cauwenberge P, Khaltaev N: Allergic rhinitis and its impact on asthma. *J Allergy Clin Immunol* 2001, 5, 147–334.

