



FACULTAD DE FARMACIA

Grado en Farmacia

ESTUDIO DE LAS CONCENTRACIONES ATÍPICAS DE POLEN DEL OLIVO EN ALICANTE (2010-2015)

Memoria de Trabajo Fin de Grado

Sant Joan d'Alacant

Junio 2020

Autor: Sara Ruescas Amorós
Modalidad: Experimental
Tutor/es: Montserrat Varea Morcillo

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a Montse, mi tutora, todo su esfuerzo y dedicación para poder realizar este trabajo. Gracias por haberme introducido en este tema tan desconocido para mí que haya mi atención hasta convertirse en algo interesante para mí. Gracias por haber dedicado tanto tiempo en solucionar todas mis dudas todas las veces que fuesen necesarias, responderme a todos los correos con la velocidad con la que lo has hecho y quedar conmigo todo el tiempo que fuese necesario, aunque fuese por vía telemática, para que lo comprendiese todo. Gracias por corregirme y orientarme en todo momento para mejorar mi trabajo. Muchísimas gracias.



RESUMEN

La alergia al polen del olivo es una de las principales causas de enfermedades alérgicas. En Alicante, a pesar de no darse un aumento del polen del olivo anual, se da un aumento en la sensibilización a este. Por ello, en este trabajo se plantea el estudio exhaustivo de las concentraciones atípicas registradas entre 2010 y 2015, como posible causa de este aumento.

Durante el periodo estudiado, sólo se identificaron 32 días con concentraciones atípicas ($>106\text{gn/m}^3$) de las cuales 14 fueron extremas ($>164\text{gn/m}^3$). A través de HYSPLIT, se observó que estos niveles inusualmente elevados se deben principalmente al transporte de polen desde el oeste, 47% zona sur y 29% zona centro peninsular. Esta información se podría utilizar para predecir los días con concentraciones elevadas, y servir para ajustar los tratamientos de los pacientes alérgicos, contribuyendo a mejorar su calidad de vida.

Las concentraciones atípicas suponen un riesgo de exposición para la población alérgica, de moderado a alto, aunque sólo representan el 8,7% de los días de estos seis años, lo que indicaría que la población de Alicante prácticamente no estaría expuesta a niveles de riesgo para este taxón. Y, por tanto, no tendría sentido, si se tiene en cuenta el aumento de sensibilización. Por ello, se debe seguir trabajando en este sentido, para encontrar la mejor manera de ajustar los valores umbral a las características polínicas y ambientales de cada zona.

Palabras clave:

Olea europaea, Polen, Aerobiología, Días atípicos, HYSPLIT, Valores umbrales de riesgo.

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.....	9
2. OBJETIVOS.....	12
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	13
3.1 Concentraciones polínicas diarias de olivo.....	13
3.2 Movimiento de las masas de aire.....	15
4. RESULTADOS.....	17
4.1 Identificación de los días atípicos.	17
4.2 Contribución de las concentraciones atípicas a los niveles polínicos estacionales.	20
4.3 Identificación de las direcciones principales de procedencia de las masas de aire.	22
4.4 Contribución de los aportes externos, según su origen, a los niveles polínicos estacionales.	25
5. DISCUSION.....	28
6. CONCLUSIONES.....	31
7. BIBLIOGRAFÍA.....	32

1. ANTECEDENTES

La polinosis es una enfermedad común entre la población, causada por la reacción de hipersensibilidad del tracto respiratorio y las conjuntivas oculares a los granos de polen. La alergia al polen es estacional, se manifiesta durante la temporada de polinización, provocando diversos síntomas como rinitis alérgica, conjuntivitis alérgica, asma bronquial alérgico y, aunque con menos frecuencia, urticaria.¹ Es la causa más frecuente de enfermedades alérgicas² y una fuente importante de consumo de recursos, además, de alterar de forma significativa la calidad de vida de la población que la padecen.³ En las últimas décadas se ha observado un aumento de la prevalencia sobre todo en zonas urbanas debido a la construcción e inadecuada gestión de espacios verdes, el cambio climático o el aumento de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos que intensifican el riesgo de alergias.⁴

Los diferentes taxones polínicos que afectan a la población alérgica dependen en gran medida de la cobertura vegetal de la zona,⁵ siendo el polen del olivo una de las causas más importantes de enfermedades alérgicas en los países del Mediterráneo,⁶⁻¹¹ los cuales reúnen el 99% de la superficie mundial del olivar con más de ocho millones de hectáreas.¹² España posee la mayor extensión cultivada de olivo a nivel mundial,¹³ constituyendo el segundo cultivo más importante a nivel nacional.¹⁴ El área ocupada por este cultivo asciende a 2,61 Mha,¹⁵ principalmente en Andalucía con el 80% de la producción total, seguida por otras regiones como Castilla La Mancha y Extremadura (figura 1).

En España, el olivo junto a las gramíneas registra el mayor grado de sensibilización en la población alérgica¹⁶. Concretamente, en Alicante, el polen del olivo y Quenopodiáceas son los taxones que registran una mayor sensibilidad en la población alérgica¹⁷, que con el transcurso de los años ha ido aumentando, especialmente en el caso del olivo, convirtiéndolo en el taxón más alergénico de la provincia. Este aumento no se corresponde con los niveles polínicos anuales registrados, ni con su frecuencia, ya que estos se mantienen prácticamente

constantes. En general, las concentraciones de polen del olivo son bajas, como era de esperar, debido al reducido cultivo de esta especie en la provincia, el cual se concentra principalmente en la zona norte. Por lo que Fernández et al. propone como posible causa, del aumento de sensibilización de la población, al aumento de días que puntualmente registran concentraciones elevadas de polen.¹⁸

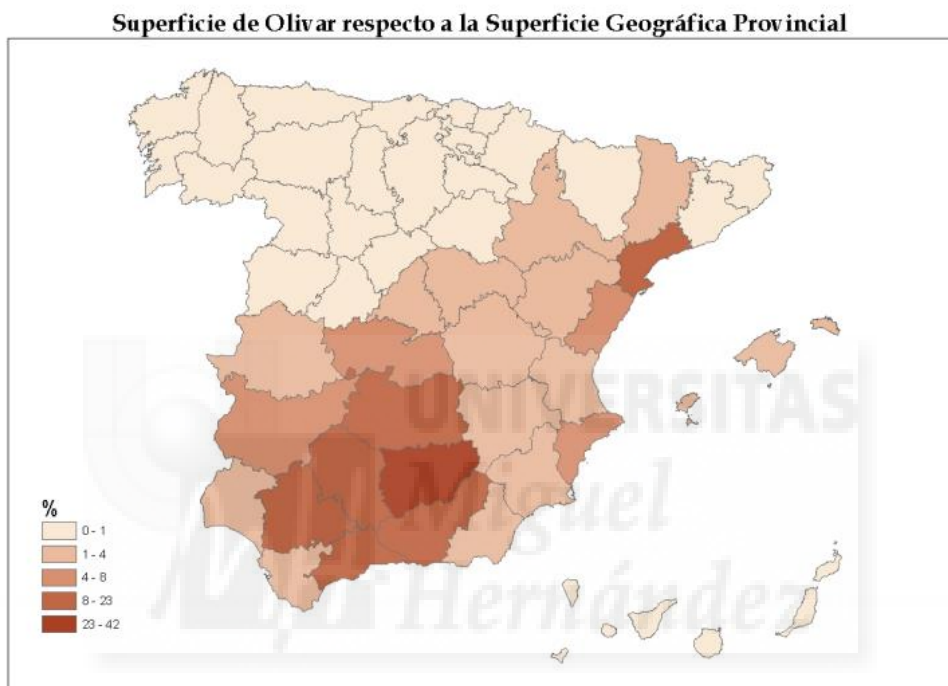


Figura 1. Densidad de cultivo de olivo en España (MAPA, 2012)

Desde el punto de vista aerobiológico, el olivo es uno de los principales taxones presentes en el aire de la ciudad de Alicante, junto a Cupresáceas, Pináceas y Quenopodiáceas. La estación polínica se da desde finales de abril a junio con una duración media de 69 días.¹⁹ Se han observado variaciones anuales para todos los parámetros polínicos, sobre todo en la concentración máxima registrada. Asimismo, el patrón de distribución diurna muestra que las concentraciones más altas se registran al amanecer,²⁰ no durante las horas centrales del día asociadas con el período de máxima eflorescencia de la flor,²¹ lo que implicaría que el registro de las concentraciones altas no se debe a las

condiciones locales, sino que pueden deberse al posible aporte externo desde otras zonas de España.

El olivo, *Olea europaea* es una especie anemófila, polinizada por el viento, que ha evolucionado para producir grandes cantidades de polen de pequeño tamaño confiriéndole una alta capacidad aerovagante, llegándose a recolectar pólenes a más de 100 km de distancia de su fuente de emisión.²² El modelo HYSPLIT ha demostrado ser eficaz en estudios centrados en el posible transporte de las concentraciones de polen en el aire.²³ Proporcionando información sobre el posible transporte y origen del polen gracias a la simulación del movimiento de las masas de aire “hacia atrás” o retrotrayectoria. Estudios recientes han destacado el valor de esta herramienta en estudios aerobiológicos.^{24 -26}



2. OBJETIVOS

En este trabajo se plantea el estudio exhaustivo de los días atípicos, que registraron concentraciones inusualmente elevadas, durante 2010 a 2015 en la ciudad de Alicante, como posible causa del aumento de la sensibilización de la población alérgica.

Para alcanzar el objetivo propuesto, se plantea:

- Determinar y caracterizar los días atípicos registrados en Alicante.
- Evaluar la contribución de las concentraciones atípicas a los niveles polínicos anuales registrados durante la estación de polinización del olivo.
- Identificar las direcciones principales de procedencia de las masas de aire incidentes sobre Alicante durante los días atípicos.
- Valorar la influencia de los posibles aportes externos, según su origen, a los niveles polínicos anuales registrados durante la estación de polinización del olivo.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realiza en Alicante, en el sureste español, ciudad portuaria situada en la costa mediterránea a 5 metros sobre el nivel del mar. Con más de 300.000 habitantes, constituye el segundo municipio más poblado de la comunidad. Se caracteriza por poseer un clima mediterráneo con abundantes periodos de sol, con una temporada estival muy seca y con la temporada de lluvias concentradas casi exclusivamente en el período otoñal, siendo usualmente de carácter torrencial.

3.1 Concentraciones polínicas diarias de olivo

La concentración diaria y bihorarias del polen del olivo registradas en Alicante durante el periodo 2010-2015 han sido proporcionadas por el Servicio de Alergia del Hospital General Universitario de Alicante que, en colaboración con la Agencia Valenciana de Alergia e Inmunología Clínica (AVAIC), realiza sistemáticamente el recuento polínico de todos los taxones presentes en el aire en el momento de la captación, entre ellos el olivo.

La captación de polen y su posterior análisis se realiza siguiendo los protocolos y normativas establecidas por la Red Española de Aerobiología (REA).²⁷ Para la captación se utiliza un captador de método volumétrico tipo Hirst (figura 2), que muestrea de forma continua durante 7 días con un caudal de 10 litros de aire por minuto.²⁸ El captador está colocado en la azotea del hospital a 10 metros del suelo, alejado de otros edificios y árboles con el fin de evitar posibles alteraciones en la captación del polen. Posteriormente, con un microscopio óptico las partículas captadas pertenecientes a los diferentes taxones son identificadas morfológicamente y, tras su recuento, se obtienen las concentraciones polínicas, en este caso de *Olea*, en granos de polen por metro cúbico de aire muestreado (granos/m³ o gn/m³).



Figura 2. Captador volumétrico tipo Hirst ubicado en la azotea del Hospital General Universitario de Alicante.

A partir del recuento polínico se consideran diferentes parámetros empleados para el estudio aerobiológico, que en mayor o menor medida son utilizados en esta memoria, a continuación, se describen brevemente:

- **Período de polinización principal** (MPS, *Main Pollen Season*) es el número de días que incluyen el 95% del índice polínico anual²⁹, comenzando a partir del día en el cual la suma de las concentraciones de polen alcanza el 2,5% (SPS, *Start Pollen Season*) hasta el día con un porcentaje acumulado del 97,5% (EPS, *End Pollen Season*).
- **Duración período de polinización principal** (LPS, *Length Pollen Season*), número de días entre el comienzo y final del período principal de polinización
- **Índice polínico estacional** (SPI, *Season Pollen Index*), se trata de la suma de las concentraciones polínicas durante la MPS.
- **Concentración pico** (PC, *Peak Concentration*), nivel máximo diario de polen del olivo registrado durante un año, expresada en gn/m^3 .
- **Fecha de la concentración pico** (PD, *Peak Day*), fecha en la que se alcanza el nivel máximo de polen del olivo registrado del año.

La determinación de los días atípicos, aquellos que registraron concentraciones de Olea inusualmente elevadas durante el período de estudio, se realiza mediante el estudio estadístico descriptivo de la serie de datos. Los días atípicos serán aquellos que estadísticamente se consideran “outliers” utilizando diagrama de cajas. Es decir, todos los días que registraron concentraciones de Olea superiores al valor del tercer cuartil (Q3) más 1,5 veces el rango intercuartil (IQR), considerándoseles con valores extremos si su valor lo superan en 3 veces.

Análogamente al SPI, se define un nuevo índice polínico, como la suma de las concentraciones de Olea registradas durante los días atípicos que se denomina **índice polínico atípico** (OPI, *Outliers Pollen Index*).

3.2 Movimiento de las masas de aire

Identificados los días que registraron concentraciones de Olea atípicas, se realiza el estudio del movimiento de las masas de aire a través del modelo HYSPLIT (*Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model*). Este modelo, entre otras opciones, permite conocer el recorrido que una masa de aire, en este caso del polen de olivo que haya podido transportar, ha realizado durante un intervalo de tiempo anterior a su llegada a un punto determinado, en este caso Alicante. A la simulación del movimiento de una masa de aire “hacia atrás” se le denomina retrotrayectoria (*backward trajectory*) y proporcionan información, además del recorrido, del origen y de la altura, tanto en vertical como horizontal, de circulación del aire transportado. Para la simulación, el modelo, utiliza datos meteorológicos de la base GDAS (Global Assimilation System), modelo global que posee una cobertura total del hemisferio norte permitiendo caracterizar masas de aire de medio y largo alcance.²³

Para este trabajo se simulan retrotrayectorias bihorarias para los días atípicos, con una duración de 36 horas y a una altura de 500 m (a.g.l), metodología previamente utilizada con buenos resultados.³⁰⁻³¹ Posteriormente, se aplica el análisis de clúster, también mediante del modelo HYSPLIT. Dicha técnica de

agrupación sirve para simplificar y facilitar la comprensión de la información proporcionada con la simulación de las retrotrayectorias. El procedimiento consiste en unir retrotrayectorias similares en un número óptimo de clústers o grupos que mejor resuman la variabilidad, en la incidencia de masas de aire durante un periodo determinado. Cada clúster representa la retrotrayectoria promedio resultante de todas las retrotrayectorias que han sido consideradas similares y que han sido agrupadas conjuntamente en un mismo grupo.²³

Todos los datos, tanto polínicos como los proporcionados por el modelo HYSPLIT, son recogidos en una base de datos en Excel, diseñada para su análisis y con el fin de alcanzar los objetivos propuestos.



4. RESULTADOS

A partir de las concentraciones diarias de polen del olivo en Alicante durante 2010-2015, en primer lugar, se identifican los días que registraron valores inusualmente elevados, para posteriormente evaluar su contribución al índice polínico estacional; la posible influencia de fuentes de emisión externa sobre las concentraciones polínicas atípicas registradas; y, la posible asociación de estas concentraciones atípicas con el riesgo de exposición de la población alérgica.

4.1 Identificación de los días atípicos.

Para la caracterización de los días con concentraciones inusualmente elevadas se consideran todos los días correspondientes a la MPS que registraron valores no nulos para las concentraciones de polen del olivo. De los 369 días, el 50% registraron concentraciones comprendidas entre 8 y 47 granos/m³, con la mitad de los días con concentraciones por debajo de 19 granos/m³ (figura 3). Es decir, las concentraciones polínicas registradas en Alicante durante 2010-2015 se distribuyeron de forma asimétricamente positiva, concentrándose en valores bajos.

Las concentraciones polínicas por encima de los 47 granos/m³ (Q3) presentaron una gran dispersión, siendo 93 días los que registraron concentraciones superiores a esta. Sólo 32 días registraron concentraciones atípicamente elevadas, con valores por encima de los 106 granos/m³, de los cuales dieciocho registraron valores extremos, > 164 granos/m³ (figura 3).

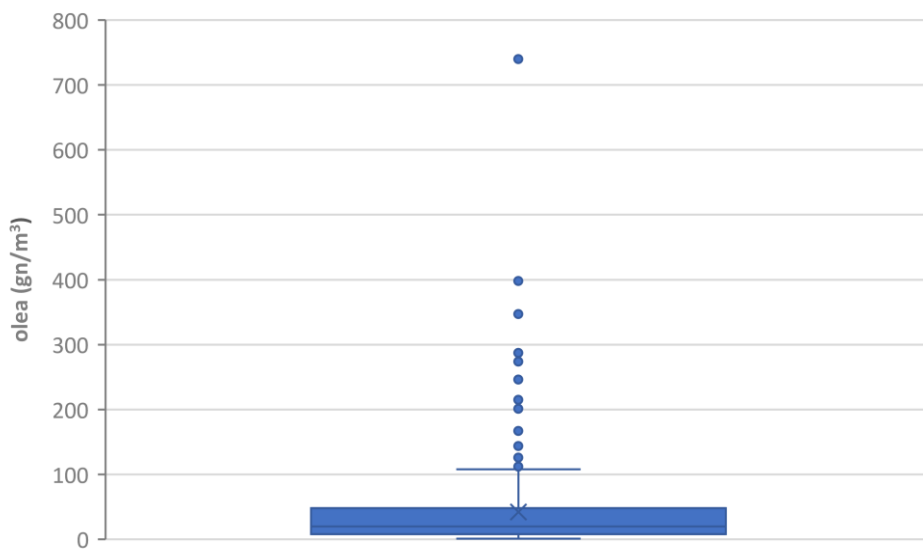


Figura 3. Diagrama de cajas que representa la distribución de las concentraciones diarias de polen del olivo registradas en Alicante durante el periodo 2010-2015

Los días atípicos se distribuyeron heterogéneamente entre los años incluidos en el estudio; ocho días en 2010 y de ellos cinco extremos; en 2011 sólo un día y extremo; cuatro en 2012 y todos, menos uno, fueron extremos; en 2013, diez días y sólo tres alcanzaron valores extremos; dos en 2014 y sólo uno extremo; y, por último, siete en 2015 y cuatro con valores extremos (figura 4). Entre los días atípicos, como era de esperar, se encuentran los días que registraron la concentración pico, que en todos los años alcanzaron valores extremos.

En la figura 4, además, se observa que los días atípicos se registraron de forma agrupada, en general, durante la primera y segunda quincena de mayo. A excepción de 2011 que sólo registró un día atípico, que se corresponde con el PD que registró la concentración pico más baja de todo el periodo (170 gn/m^3). Al mismo tiempo, en 2010 y 2013 se registraron días atípicos durante la primera quincena de junio. Esto puede deberse a que, aunque 2010 registro el MPS más corto (47 días), éste también tuvo un comienzo tardío, mientras que en 2013 se debería a la prolongación de su MPS, siendo el más largo del periodo (84 días), llegando a registrar la PC más tardía de todo el periodo, en la primera quincena de junio, alcanzando los 273 gn/m^3 .

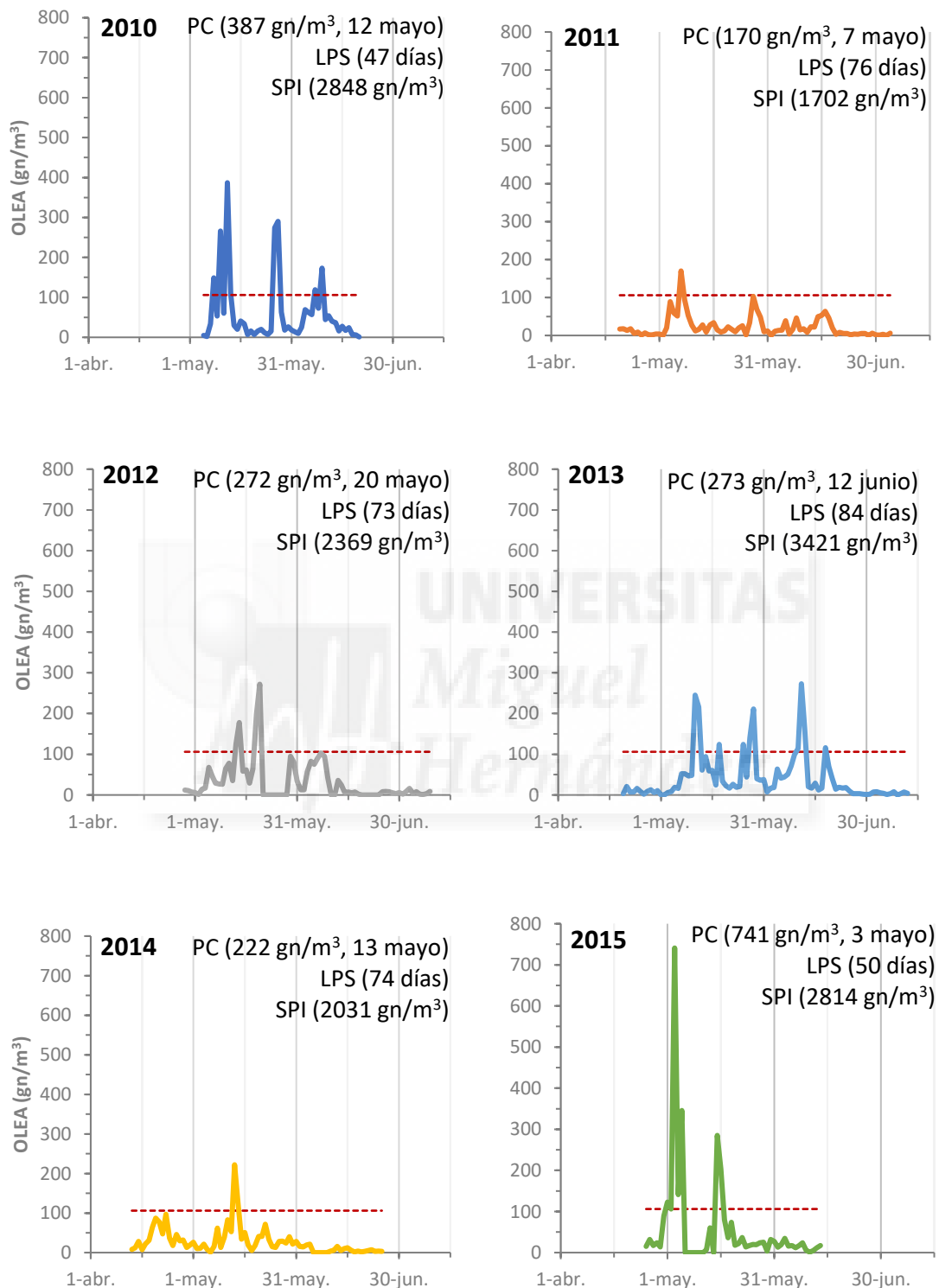


Figura 4. Evolución diaria de las concentraciones de polen de Olea, en la ciudad de Alicante desde 2010 a 2015, y principales parámetros polínicos: concentración pico y fecha (PC Y PD), duración período polinización principal (LPS), índice polínico estacional (SPI). El valor umbral de las concentraciones atípicas (línea roja discontinua).

4.2 Contribución de las concentraciones atípicas a los niveles polínicos estacionales.

Durante el periodo 2010-2015, el índice polínico atípico llegó a representar el 45% del índice polínico estacional total acumulado en los 6 años, con diferencias significativas interanuales (figura 5).

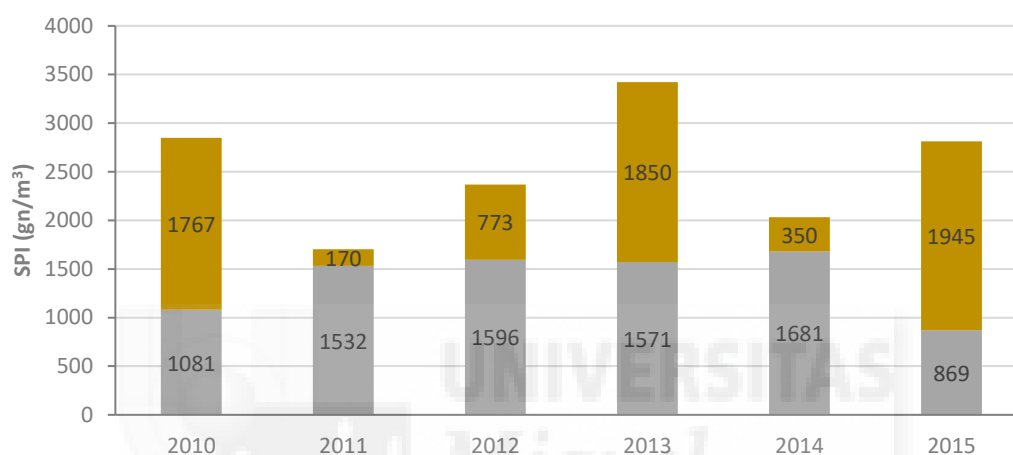


Figura 5. Contribución de las concentraciones atípicas (OPI en color amarillo) al índice polínico estacional de Olea registrado en Alicante en 2010-2015.

El año en el que los días atípicos contribuyen más al SPI es el 2015, que con siete días atípicos el índice polínico atípico englobó el 69% del SPI, seguido de 2010 y 2013, que con ocho y cuatro días respectivamente, su OPI representó el 62% y 54% de su índice polínico estacional. En el otro extremo, estarían 2011 y 2014, que, con solo uno y dos días atípicos respectivamente, su índice polínico atípico no superó el 20% del SPI, o bien, 2012 que con cuatro días su OPI llegó a representar el 32%. Además, los años con menor número de días atípicos casualmente son los años que también registraron los menores índices polínicos estacionales de todo el período de estudio. El estudio de regresión lineal muestra una relación directa entre el SPI y el OPI, a mayor índice polínico estacional mayor contribución de las concentraciones atípicas a este (figura 6a). Igualmente, si aumenta el número de días atípicos también aumenta el SPI

(figura 6b), o el OPI en este caso con un R2 de 0,907. Además, la ordenada en el origen, similar en ambos gráficos, indicaría que para darse concentraciones inusualmente elevadas el índice polínico estacional debe alcanzar valores superiores a 1600-1700 granos/m³.

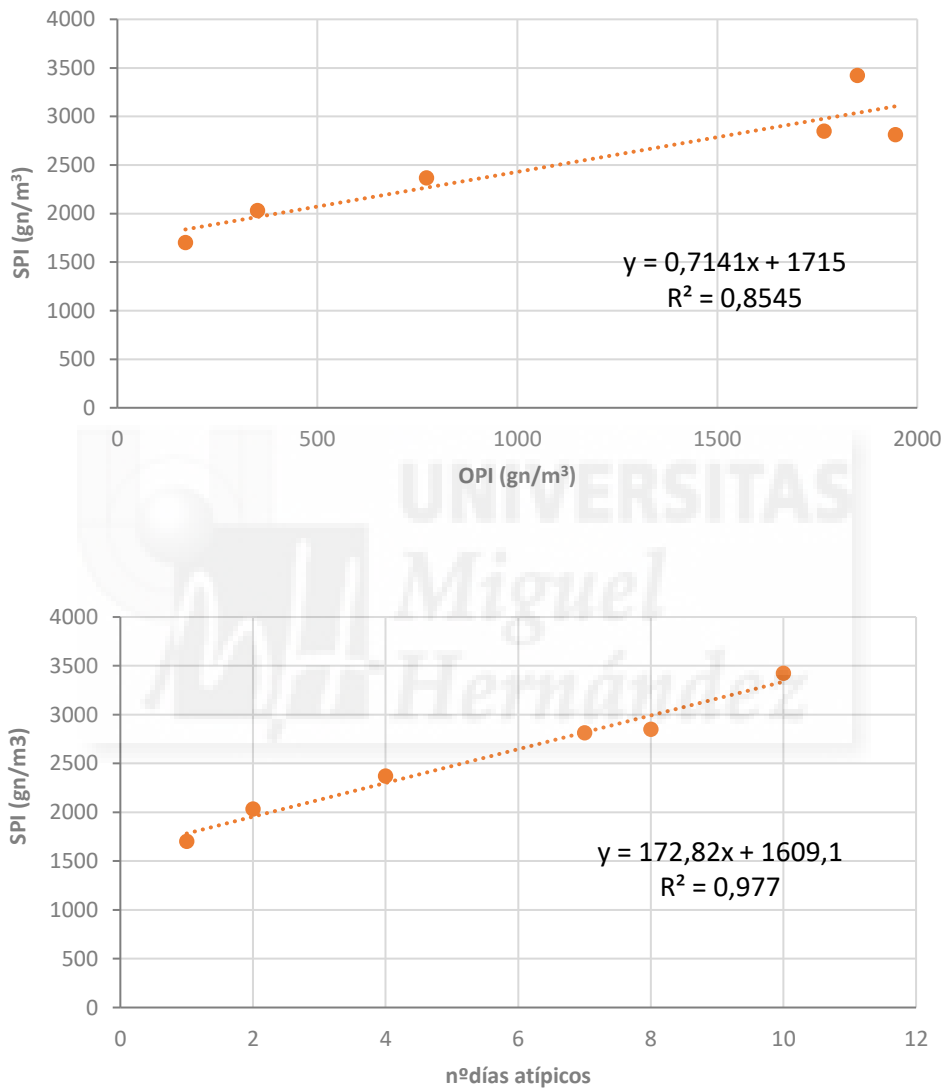


Figura 6. Regresión lineal entre índice polínico estacional y: a) índice polínico atípico, b) número de días atípicos de Olea registrados en Alicante en 2010-2015.

4.3 Identificación de las direcciones principales de procedencia de las masas de aire.

El análisis de clúster de las 384 retrotrayectorias bihorarias simuladas para los días que registraron concentraciones atípicas desde 2010 a 2015, dio como resultado un número óptimo de cuatro clusters, los cuales resumen la variabilidad en la incidencia de las masas de aire durante el periodo de estudio. Cada clúster estaría representado en la figura 7, por una trayectoria o centroide que, como ya se comentó anteriormente, simboliza el recorrido promedio resultante de todas aquellas retrotrayectorias bihorarias que han sido consideradas similares y agrupadas en un mismo clúster por el modelo HYSPLIT. La figura, además de mostrar los diferentes centroides, identificados por un número, y su desplazamiento, tanto en horizontal como en vertical, permite conocer el porcentaje de retrotrayectorias bihorarias que han sido agrupadas.

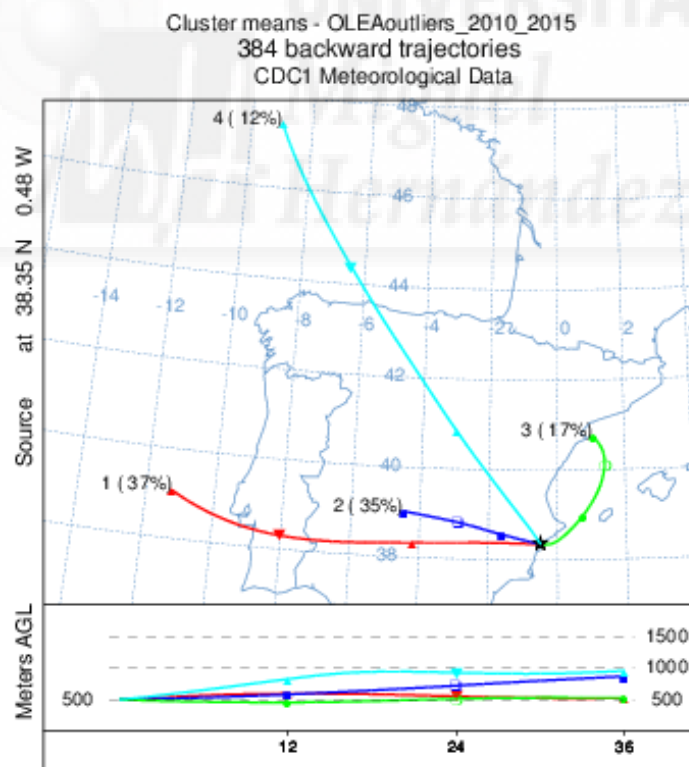


Figura 7. Desplazamiento horizontal y vertical de los cuatro clusters a 500 m, sobre la ciudad de Alicante durante los días atípicos, mediante retrotrayectorias bihorarias de 36 horas.

Por otro lado, los clústeres identifican las principales direcciones de procedencia de las masas de aire y, por tanto, el posible aporte de polen de olivo que podría haber sido arrastrado por esas masas de aire desde una determinada región o regiones.

Las cuatro direcciones principales de procedencias serían:

(1) SUROESTE

Incluye 142 retrotrayectorias bihorarias (37%). En este caso, las masas de aire en su recorrido atraviesan Andalucía a baja altura (~500 m agl). Esto implicaría que podrían arrastrar polen del olivo, en concentraciones elevadas, ya que dicha región, sobre todo las provincias de Jaén y Córdoba, posee la mayor densidad de cultivo de olivo de Europa.³²

(2) NOROESTE

Un total de 134 retrotrayectorias bihorarias (35%) conformarían el clúster 2, las cuales se podrían denominar de procedencia noroeste. Estas atraviesan la península desde el oeste atravesando la zona centro peninsular. Por lo que en su recorrido pueden atravesar regiones como Castilla la Mancha y/o Extremadura que poseen hasta un 8% y 23% de su superficie cultivada con olivos, respectivamente (figura 1). Por tanto, también implicaría un posible arrastre de polen en dichas masas de aire, aunque en este caso la contribución a las concentraciones polínicas registradas en Alicante sería más moderadas que las de dirección suroeste.

(3) MEDITERRÁNEA

El 17% de las retrotrayectorias bihorarias son de recorrido marítimo, atravesando, en mayor o menor medida, el mar Mediterráneo. En este caso, las retrotrayectorias se corresponderían con un aporte básicamente nulo, ya

que el movimiento de estas masas de aire sobre el mar a baja altura aumentaría la humedad de los granos de polen que pudieran transportar, provocando su rehidratación lo que aumentaría su peso, lo que favorecería su precipitación anulando de esta forma la concentración de polen que podría haberse transportado³³.

(4) ATLÁNTICA NORTE

Por último, el clúster de dirección norte englobaría 46 retrotrayectorias bihorarias. Este agrupa los movimientos de las masas de aire rápidos, ya que partiendo del mar Cantábrico cruzaría la península en dirección sureste en un corto periodo de tiempo (36 horas). En este caso, la cantidad de polen de olivo que podría ser transportado sería prácticamente nulo ya que, aunque en su recorrido atravesarán regiones como Madrid o Castilla La Mancha lo harán rápidamente y a elevada altura (~1000 m), que no suele ser alcanzadas por los pólenes, lo que dificultaría su transporte. ³⁴

4.4 Contribución de los aportes externos, según su origen, a los niveles polínicos estacionales.

Análogamente, al índice polínico atípico, para poder evaluar la contribución de las diferentes masas de aire al SPI, se define el índice polínico atípico para cada dirección. Teniendo en cuenta que el OPI representaba el 45% del SPI total acumulado durante todo el periodo, este se distribuye en: un 45% de posible procedencia suroeste (OPIso), un 29% noroeste (OPIno), un 15% mediterráneo (OPImed) y un 8% atlántico norte (OPIan). Si se observan dichos índices polínicos atípicos para cada año individualmente (figura 8), los años 2011 y 2014, los cuales registraron un menor índice polínico estacional, son los que presentan una mayor influencia de las regiones de la zona mediterránea. Aunque, como se ha comentado anteriormente, el recorrido de las masas de aire sobre el mar podría provocar la caída del polen debido a su rehidratación, si el transporte se realiza en altura, la humedad podría no perjudicar y, por tanto, podría observarse un aumento de los niveles de Olea debido al polen procedente de regiones como Tarragona, que posee una densidad de olivares del 23% (figura 1).

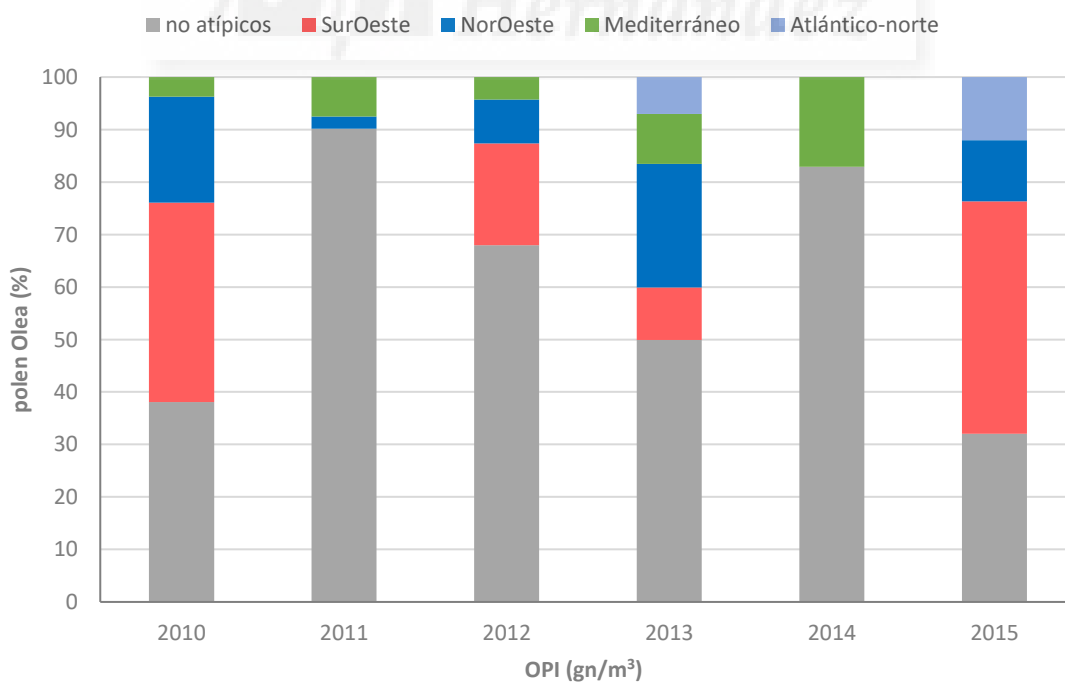


Figura 8. Contribución de los índices polínicos atípicos, según dirección de procedencia, a los niveles polínicos estacionales de Olea en Alicante durante 2010-2015

Por el contrario, los años 2010, 2012, 2013 y 2015 muestran una alta contribución del oeste, y éstos a su vez son los que mayor SPI registraron. En 2013 predominaría la contribución noroeste, mientras que en 2010 y 2015 sería la suroeste (figura 8). La contribución del suroeste en estos dos años es muy superior, contribuyendo con un 38 y un 44% al SPI, respectivamente. En 2012, también, sería la contribución suroeste la más importante, pero en este caso el OPIso sólo englobaría el 19% del índice polínico estacional registrado ese año. Sin embargo, aunque sería lo que cabría esperar, los años con mayor SPI registrados no se corresponden con los de mayor OPIso, posiblemente esto se deba a que los días atípicos se distribuyen de manera heterogénea por quincenas entre mayo y junio, como se observó en la figura 4. De manera que, los aportes del suroeste se dan principalmente en mayo, durante la primera quincena en 2010 y 2015, siendo estos años los que presenta una duración del MPS más corta de todos los años estudiados; mientras que en 2012 y 2013 se darían durante la segunda quincena de mayo (figura 9). Además, 2013, es el único año que presenta un importante aporte noroeste durante la primera quincena de junio coincidiendo con su PD, que llegó a registrar 273 gn/m³. También es el año con un mayor número de días atípicos distribuidos durante toda la MPS, siendo ésta la más larga de todo el periodo.

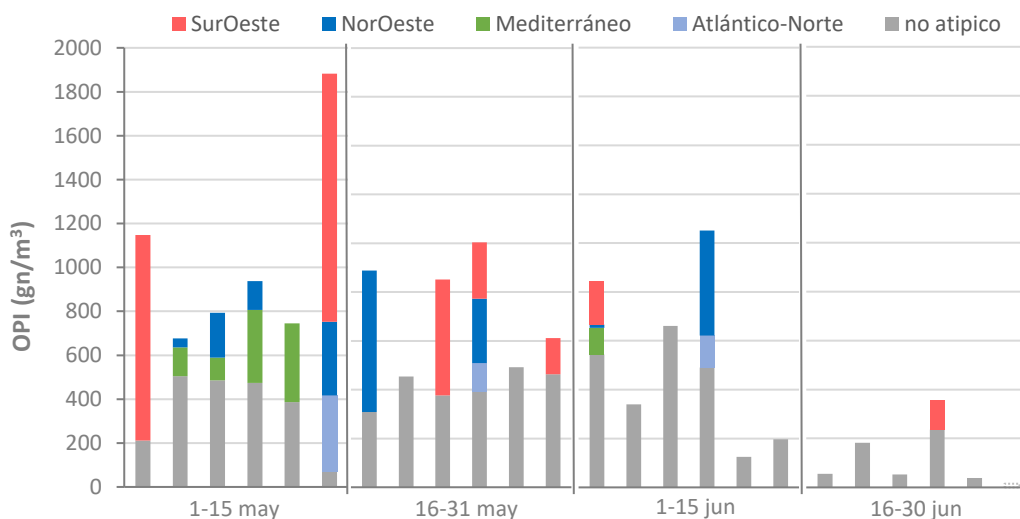


Figura 9. Distribución quincenal del índice polínico atípico, según dirección de procedencia, respecto al índice polínico estacional, en Alicante durante 2010-2015.

Asimismo, la contribución de los aportes de polen desde otras regiones, a las concentraciones registradas en Alicante, dependen de las concentraciones registradas en dichas regiones³⁵. Por ejemplo, en Jaén durante el año 2015 se registraron los niveles polínicos más elevados de todo el periodo a estudio (~180000 gn/m³), con concentraciones de hasta 6500 gn/m³ durante la primera quincena de mayo. En 2012 y 2013, se observó un retraso de la MPS, alcanzándose las concentraciones más elevadas durante la segunda quincena de mayo (~2000 gn/m³), que en el caso de 2013 se alargó hasta finales de junio (~500 gn/m³). Respecto a 2010, no se dispone del registro de datos.

Mientras que en otras ubicaciones más al noroeste como, por ejemplo, Toledo se registraron los niveles anuales más elevados en 2013 (~20000 gn/m³) con máximos diarios de hasta 3000 gn/m³ a partir de junio, mientras que en 2010 sólo se alcanzaron niveles diarios de 1500 gn/m³ durante la segunda quincena de mayo. En otras ciudades como Ciudad Real no se llegaron a sobrepasar los 500 gn/m³ diarios en todo el periodo de estudio, valores similares a los registrados en ciudades costeras como Tarragona.

5. DISCUSION

Las concentraciones de polen de olivo registradas en Alicante durante 2010-2015 fueron muy bajas, con el 75% de los días con niveles por debajo de los 50 gn/m^3 , habiéndose registrado sólo un 8% de días con concentraciones inusualmente elevadas ($>106 \text{gn/m}^3$). Teniendo en cuenta, la casi nula cobertura vegetal de *Olea europaea* en la ciudad de Alicante, cuyo uso se reduce casi exclusivamente al ornamental, las bajas concentraciones registradas serian lo esperable. Por supuesto, éstas son muy inferiores a las registradas en otras ciudades con grandes extensiones de cultivo de esta especie. Por ejemplo, en ciudades como Córdoba, Badajoz o Madrid que en un solo día llegan a registrar valores superiores a los niveles polínicos acumulados durante todo un año en Alicante⁹.

Los días atípicos registrados en Alicante, han resultado ser una variable fiable y representativa de los niveles polínicos anuales. Ya que los estudios de regresión lineal ($R^2 > 0,85$) indican que, a mayor número de días atípicos, mayor índice polínico atípico y mayor índice polínico estacional, y en consecuencia mayor índice polínico anual, ya que el SPI representa el 95% de este. Obteniéndose que para que en la ciudad de Alicante se registren concentraciones diarias de polen de olivo superiores a los 106 gn/m^3 serían necesario un índice polínico anual superior a 1700-1800 gn/m^3 .

Las concentraciones inusualmente elevadas registradas en Alicante se deben, principalmente, al transporte de polen de olivo desde otras regiones de España con extensiones de cultivo. Generalmente, las concentraciones que alcanzan los valores más elevados, llegándose en algunos casos a triplicar el valor umbral establecido como atípico, se registraron durante el mes de mayo. Estos niveles se deberían al arrastre de polen desde el suroeste, es decir, desde Andalucía. Mientras que, los días atípicos con valores intermedios, se registraron entre finales de mayo o incluso junio, y se deberían al transporte de polen de zonas ubicadas más al norte, como Castilla La Mancha o incluso Tarragona. En este

caso, los niveles no tan elevados, se deberían a que estas regiones tienen menores extensiones de cultivo y, además, al encontrarse en latitudes más altas se caracterizan por periodos de polinización más tardíos.³⁶ Por tanto, observándose los niveles de polen de olivo registradas en otras regiones se podría predecir para Alicante: los días con concentraciones elevadas, el comienzo de la estación polínica (SPS) observando las regiones más al Sur, o regiones a mayor latitud para el final de la estación (EPS). Esta información debería ser tomada en cuenta por los facultativos de alergia, e incluso por la población alérgica para ajustar los tratamientos, comienzo, seguimiento y finalización, prescritos para mejorar su bienestar y confort durante la estación polínica.

El polen del olivo está considerado como uno de los pólenes más alergénicos, según la REA, del grupo 4 con valores umbral para las concentraciones polínicas diarias, según el nivel de riesgo de exposición para la población alérgica, de: Bajo ($1-50 \text{ gn/m}^3$), Moderado ($51-200 \text{ gn/m}^3$) y Alto ($>200 \text{ gn/m}^3$).²⁶ Aunque todas las concentraciones registradas durante los días atípicos ($>106 \text{ granos/m}^3$) suponen un riesgo de exposición de la población, de moderado a alto, estos sólo representan el 8,7% de los días de los seis años. De hecho, ni siquiera los días clasificados estadísticamente como de concentración extrema ($> 164 \text{ gn/m}^3$) estarían dentro de los considerados de alto riesgo. En la tabla 1, a modo de resumen, se muestra la distribución anual de días según los valores umbral de la REA.

Tabla 1. Distribución de días por rangos, según las concentraciones de Olea registradas en Alicante durante 2010-2015, y teniendo en cuenta los valores umbral de riesgo de exposición para la población según la REA. Entre paréntesis el número de días atípicos

Año	< 50 gn/m³ (días)	50-200 gn/m³ (días)	> 200 gn/m³ (días)
2010	31	12 (4)	4 (4)
2011	62	10 (1)	0 (0)
2012	39	17 (3)	1 (1)
2013	30	17 (6)	4 (4)
2014	58	10 (1)	1 (1)
2015	33	7 (3)	4 (4)
2010-2015	253	73 (18)	14 (14)

Sin embargo, si se tuviera que catalogar los diferentes años del estudio según el nivel de riesgo de exposición, teniéndose en cuenta el número de días atípicos con riesgo alto y moderado para cada año, se podría decir que, el año 2013 con diez días atípicos su podría un mayor riesgo para la salud de la población alérgica, seguido de 2010 y 2015, que, con prácticamente el mismo número de días, ocho y siete respectivamente, alcanzaron concentraciones diarias muy elevadas, llegándose incluso a duplicar y casi cuadruplicar los valores umbral de riesgo alto. Por otro lado, estaría el año 2012 con un riesgo moderado, ya que, de los cuatro días atípicos, sólo uno alcanzó una concentración de alto riesgo y, por último, estarían los años 2014, con un solo día con niveles superiores a los 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y 2011, sin ninguno, que serían los de menor riesgo, podría decirse que casi nulo.

Según todo esto, se podría decir que la población alérgica de la ciudad de Alicante prácticamente no estaría expuesta a niveles de polen de olivo que pudieran ser considerados de riesgo. Por tanto, no habría una explicación para el aumento de la sensibilización a este taxón. Por tanto, tal como se aplica en algunas redes³⁷ y/o trabajos³⁸ los valores umbrales a los que la población debe estar expuesta para desencadenar síntomas depende, no sólo de los niveles de olea registrados, sino de la sinergia con otros factores, como la contaminación, característicos de cada zona, por lo que se debe seguir trabajando en encontrar la mejor manera de ajustar los valores umbral a las características de cada zona.

6. CONCLUSIONES

El estudio realizado permite concluir que:

- Más del 75% de los días sujetos a estudio presentan concentraciones inferiores a 50gn/m^3 , mientras que sólo 32 días registraron concentraciones inusualmente elevadas ($>106\text{gn/m}^3$) agrupándose, de forma general, entre la primera y segunda quincena de mayo.
- Los días atípicos son una variable fiable y representativa de los niveles polínicos anuales, aumentando el índice polínico a medida que aumenta el número de días atípicos, siendo necesarios valores mínimos de 1700-1800 gn/m^3 anuales para registrarse concentraciones diarias por encima de los 106 gn/m^3 .
- Las concentraciones inusualmente elevadas registradas se deben, principalmente, al transporte del polen de olivo desde el oeste, 47% zona sur y 29% zona centro península. Esta información se podría utilizar para predecir los días con concentraciones elevadas, y servir para ajustar los tratamientos de los pacientes alérgicos, contribuyendo a mejorar su calidad de vida.
- Las concentraciones atípicas suponen un riesgo de exposición para la población alérgica, de moderado a alto, aunque sólo representan el 8,7% del total de días estudiados, lo que indicaría que la población de Alicante prácticamente no estaría expuesta a niveles de riesgo para este taxón. Esto no concuerda con los datos de sensibilidad encontrados, siendo necesario seguir trabajando para encontrar la mejor manera de ajustar los valores umbral a las características polínicas y ambientales de cada zona.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Bousquet J, Anto J, Auffray C, Akdis M, Cambon-Thomsen A, Keil T, et al. MeDALL (Mechanisms of the Development of ALLergy): an integrated approach from phenotypes to systems medicine. 2011; *Allergy* 66(5):596–604
2. Traidl-Hoffmann C, Jakob T, Behrendt H. Determinants of allergenicity. *J Allergy Clin Immunol*. 2009; 123(3):558–566
3. Unión Europea. Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. *Diario Oficial de la Unión Europea*. 2011;152:1-44.
4. 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.
5. Subiza Garrido-Lestache, J. Pólenes alérgicos en España. *Allergol et Immunopathol*. 2004;32(3):121-4.
6. D'Amato G, Cecchi L, Bonini S, Nunes C, Annesi-Maesano I, Behrendt H, et al. Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy*. 2007; 62: 976–990.
7. Gioulekas D, Papakosta D, Damialis A, Spieksma F, Giouleka P, Patakas D. Allergenic pollen records (15 years) and sensitization in patients with respiratory allergy in Thessaloniki, Greece. *Allergy*. 2004; 59(2):174–184
8. Filon F, Sauli M, Longo L. Oleaceae in Trieste (NE Italy): aerobiological and clinical data. *Aerobiologia*. 1998;14(1):51–58
9. Galán C, Alcázar P, Oteros J, García-Mozo H, Aira MJ, Belmonte J, et al. Airborne pollen trends in the Iberian Peninsula. *Science of the Total Environment*. 2016; 550: 53–59
10. De Linares C, Nieto-Lugilde D, Alba F, Díaz de la Guardia C, Galán C, Trigo MM. Detection of airborne allergen (Ole e 1) in relation to *Olea europaea* pollen in S Spain. *Clin Exp Allergy*. 2007; 37(1):125–132
11. Kirmaz C, Yuksel H, Bayrak P, Yilmaz O. Symptoms of the olive pollen allergy: Do they really occur only in the pollination season? *J Investig Allergol Clin Immunol*. 2005; 15(2):140–145
12. Castillo M. Aspectos distintivos en el cultivo del olivar entre la región de Umbría (Italia) y la provincia de Sevilla. *Revista de Ciencias Humanas*; 2012; 26:75-101

13. Barranco D, Rallo L. Olive cultivars in Spain. HortTechnology January-March. 2000;10(1).
14. Encuesta sobre Superficies y Rendimientos Cultivos (ESYRCE). Encuesta de Marco de Áreas de España. - ESYRCE (Encuesta de superficies y rendimientos de cultivos) - Agricultura - Estadísticas agrarias - Estadísticas - Agricultura - magrama.es [Internet]. Magrama.gob.es. 2016 [cited 10 June 2016]. Available from: <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticasagrarias/agricultura/esyrce/>
15. De Melo-Abreu JP, Barranco D, Cordeiro AM, Tous J, Rogado BM, Villalobos FJ. Modelling olive flowering date using chilling for dormancy release and thermal time. Agric For Meteorol. 2004;125(1–2):117–127.
16. Valdivieso RR. Severe allergic conjunctivitis and chemosis caused by disodium cromoglycate. Journal of investigational allergology & clinical immunology. 1998; 8(1):58. PubMed PMID: 9555621
17. Fernández-Sánchez J, García-Más F, Esteban A, Miralles A. Incidencia de granos de polen y polinosis en la ciudad de Elche. Rev Esp Alergol Inmunol Clin. 1998;13:88-91.
18. Fernández J, 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(3):196-202.
19. Soliman-Abdalla, M. Descripción del escenario polínico en Alicante (2010-2015). Trabajo Final de Grado. Universidad Miguel Hernández. 2016.
20. Viney A, Varea M. Aerobiología del polen del olivo en la ciudad de Alicante. Trabajo final de máster Universidad Miguel Hernández de Elche. 2019
21. 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. 1993;3(3):121–129.
22. Rolph GD, Ngan F, Draxler RR. Modeling the fallout from stabilized nuclear clouds using the HYSPLIT atmospheric dispersion model. J Environ Radioact, 2014. 136: p. 41-55.
23. Draxler RR, Hess GD. An overview of the HYSPLIT_4 modelling system for trajectories, dispersion, and deposition. Australian Meteorology Magazine. 1998; 47: 295–308.
24. Smith M, Skjøth CA, Myszkowska D, Uruska A, Puc M, Stach A, et al. Long-range transport of Ambrosia pollen to Poland. Agric For Meteorol. 2008;148(10):1402–1411

25. Šikoparija B, Pejak- Šikoparija T, Radišić P, Smith M, Galan C. The effort of changes to the method of estimating the pollen count from aerobiological samples. *Journal of Environmental Monitoring*. 2011; 13, 384-390.
26. Izquierdo R, Alarcón M, Mazón J, Pino D, De-Linares C, Aguinagalde X, et al. Are the Pyrenees a barrier for the transport of birch (*Betula*) pollen from Central Europe to the Iberian Peninsula. *Science of the Total Environment*. 2017; 575:1183–1196.
27. Galán C, Cariñanos P, Alcázar P, Dominguez-Vilches E. Spanish Aerobiology Network (REA) Management and Quality Manual, Servicio de Publicaciones Universidad de Córdoba. 2007. Córdoba, Spain. ISBN 978-84-690-6353-8
28. Hirst JM. An automatic volumetric spore trap. *Ann App Biol*. 1952; 39:257-65.
29. Andersen TB. A model to predict the beginning of the pollen season. *Grana*. 1991;30:269-275
30. Reinoso J, Varea M. Aerobiología de Olea en España durante 2015. Trabajo final de grado Universidad Miguel Hernández de Elche. 2019
31. Solesio JM, Varea M. influencia del aporte externo en la dinámica anual del olea en Elche (2009-2013). Trabajo final de grado Universidad Miguel Hernández de Elche. 2016
32. Rojo J, Orlandi F, Perez-Badia R, Aguilera F, Ben-Dhiab A, Bouziane C, et al. Modeling olive pollen intensity in the Mediterranean region through analysis of emission sources. *Science of the Total Environment*. 2016; 551–552: 73–82
33. Vázquez LM, Galán C, Domínguez-Vilches E. Influence of meteorological parameters on olea pollen concentration in Córdoba (South-western Spain). *Int J Biometeorol*. 2003; 48:83– 90
34. Fernández-Rodríguez S, Skjøth C, Tormo-Molina R, Brandao R, Caeiro E, Silva-Palacios I, et al. Identification of potential sources of airborne Olea pollen in the Southwest Iberian Peninsula. *Int. J. Biometeorol*. 2014;58:337–348
35. Sociedad Española de Alergología e Inmunología Clínica. Disponible en: <https://www.polenes.com/home>
36. Aguilera F, Dhiab A, Msallem M, Orlandi F, Bonofglio T, Ruiz L, et al. Airbone pollen maps for olive-growing áreas throughout the Mediterranean región: spatio-temporal interpretation. *Aerobiología*. 2015; 31: 421-434.

37. Polen y salud: vigilancia e información en la comunidad de Madrid. Disponible en: <https://www.comunidad.madrid/servicios/salud/polen>
38. Galera MD, Elvira-Rendueles B, Moreno JM, Negral L, Ruiz-Abellón MC, García-Sánchez A, et al. Analysis of airborne Olea pollen in Cartagena (Spain). *Sci Total Environ.* 2017; 1: 436-445.

