

Indicencia de polen alergénico en la Comunidad de Madrid. Caso de estudio del año 2024

Incidência de Pólen Alergênico na Comunidade de Madrid: Estudo de Caso do Ano de 2024

Incidence of Allergenic Pollen in the Madrid Region: A 2024 Case Study

Ángel Cascón¹, Jorge Romero-Morte¹, Raquel Puebla², Rocío Bardón², Silvia Sabariego³, José María Ordoñez², Jesús Rojo¹

¹ Departamento de Farmacología, Farmacognosia y Botánica. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid.

² Dirección General de Salud Pública. Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid.

³ Departamento de Biodiversidad, Ecología y Evolución. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid.

Cita: Casón A, Romero-Morte J, Puebla R, Bardón R, Sabariego S, Ordóñez JM, Rojo J. Indicencia de polen alergénico en la Comunidad de Madrid. Caso de estudio del año 2024. Rev. Salud ambient. 2025; 25(2):159-170.

Recibido: 8 de julio de 2025. **Aceptado:** 15 de octubre de 2025. **Publicado:** 15 de diciembre de 2025.

Autor para correspondencia: Ángel Cascón Martín.

correo e: angecasc@ucm.es

Financiación: Esta investigación fue financiada por la Dirección General de Salud Pública, de la Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid, y la Dirección General de Sostenibilidad y Control Ambiental, del Ayuntamiento de Madrid, gracias a diferentes contratos públicos de servicios firmados con el Grupo de Investigación Aerobiología de la Universidad Complutense de Madrid. Este estudio fue desarrollado en el marco de los siguientes proyectos de investigación: i) "Evaluación integral de la calidad del aire urbano y cambio climático" (AIRTEC2-CM) (TEC-2024/ECO-283) financiado por la Consejería de Educación, Ciencia y Universidades de la Comunidad de Madrid, ii) "Investigación en la automatización y optimización de la red de monitorización de bioaerosoles en la Comunidad de Madrid" (AutoBioNet) (CNS-2024-154492) financiado por Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, y "Sistemas automáticos de predicción del riesgo alergénico en la Comunidad de Madrid" (PRISCAM) financiado por la Universidad Complutense de Madrid.

Declaración de conflicto de intereses: Las autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

Declaraciones de autoría: En el diseño del estudio participaron JRU, ACM y JRM. Al igual que en el planteamiento metodológico de la investigación, la redacción del borrador del manuscrito y la supervisión de la investigación. La toma de datos se llevó a cabo por ACM. Y el análisis de los datos por ACM y JRU. La revisión final del manuscrito se llevó a cabo por todos los autores, y la dirección de la investigación fue responsabilidad de JRU.

Resumen

El polen es uno de los constituyentes más relevantes del bioaerosol, ya que actúa como vehículo de la mayoría de alérgenos inhalados para el ser humano. Se espera que debido a las repercusiones de diversas dimensiones del cambio global su relevancia aumente en el futuro. En la Comunidad de Madrid, la Red Palinológica de la Comunidad de Madrid constituye un sistema de vigilancia ambiental de la exposición a polen atmosférico y se establece como una herramienta preventiva clave para la salud pública, desde el año 1994 hasta la actualidad.

Para este trabajo se ha estudiado la incidencia de los principales tipos morfológicos de polen durante el año 2024, analizando los índices polínicos anuales, mensuales y la evolución de los tipos polínicos más alergénicos. Los resultados muestran que 2024 no solo fue el año con la concentración polínica más alta de toda la serie histórica, sino que además algunas de las especies alergénicas empleadas como especies ornamentales, son las responsables de los tipos polínicos predominantes durante el periodo de estudio.

El interés de los ciudadanos en la información pública proporcionada por esta red aerobiológica fue evaluado a través de las visitas a las páginas web habilitadas para la difusión de información. Así, se observó un mayor índice de visitas en períodos con altos niveles de tipos polínicos alergénicos en el aire, lo que demuestra la gran utilidad de esta información y la demanda de los ciudadanos de la Comunidad de Madrid de una información rigurosa, estandarizada y actualizada.

Palabras clave: polen; aerobiología; salud ambiental; información pública; Comunidad de Madrid.

Resumo

O pólen constitui um dos componentes mais relevantes do bioaerossol, uma vez que atua como principal veículo de alérgenos inaláveis para os seres humanos. Estima-se que, em decorrência das múltiplas dimensões das mudanças globais, sua importância aumente progressivamente nos próximos anos. Na Comunidade de Madrid, a Rede Palinológica da Comunidade de Madrid configura-se como um sistema de vigilância ambiental da exposição ao pólen atmosférico, consolidando-se, desde 1994 até a atualidade, como uma ferramenta preventiva essencial em saúde pública.

O presente estudo analisou a incidência dos principais tipos morfológicos de pólen durante o ano de 2024, com base na avaliação dos índices polínicos anuais, mensais e na evolução temporal dos tipos polínicos com maior potencial alergênico. Os resultados indicam que 2024 foi não apenas o ano com a maior concentração polínica registrada em toda a série histórica, mas também evidenciam que determinadas espécies alergênicas utilizadas com fins ornamentais foram responsáveis pela predominância dos tipos polínicos durante o período analisado.

A adesão e o interesse da população pelas informações disponibilizadas por esta rede aerobiológica foram avaliados por meio do número de acessos às plataformas digitais destinadas à divulgação de dados. Verificou-se um aumento significativo nas visitas durante os períodos com elevados níveis de pólen alergênico na atmosfera, o que confirma a relevância e a utilidade da informação fornecida, bem como a demanda por dados científicos padronizados, atualizados e de acesso público por parte dos cidadãos da Comunidade de Madrid.

Palavras-chave: pólen; aerobiologia; saúde pública; informação pública; Comunidade de Madrid.

Abstract

Pollen is one of the most remarkable components of bioaerosols, as it serves as the primary vector for most of airborne allergens affecting humans. It is anticipated that, due to the multifaceted impacts of global change, its relevance will continue to increase in the future. In the Madrid Region, the Madrid Region Palyнологical Network works as an environmental surveillance system for airborne pollen exposure, and has been established as a key preventive tool for public health since 1994 to the present.

This study examines the incidence of the main morphological pollen types during the year 2024, analysing annual and monthly pollen indices, as well as the seasonal trends of the most allergenic pollen types. The findings reveal that 2024 not only registered the highest overall pollen concentration in the historical series, but also that certain allergenic taxa, commonly used for ornamental purposes, were responsible for the majority of the pollen amounts during the study period.

Public engagement with the aerobiological data provided by the network was assessed through web visits to the official information platforms. A marked increase in visits was observed during periods of elevated concentrations of allergenic pollen in the air, highlighting both the practical utility of the information and the population's demand for accurate, standardised, and up-to-date scientific data in the Madrid Region.

Keywords: pollen; aerobiology; public health; public information; Madrid Region.



INTRODUCCIÓN

El polen es un componente muy relevante del bioaerosol y debido a sus profundas implicaciones en la salud pública, despierta un notable interés en la comunidad científica^{1,2}. El grano de polen actúa como vehículo de los alérgenos inhalados más frecuentes, siendo responsable de una parte considerable de las patologías respiratorias de origen alérgico. La prevalencia de estas enfermedades ha ido en aumento, impulsada por cambios en el estilo de vida de las personas, mayores niveles de exposición y la interacción de factores antropogénicos y climáticos^{3,4}.

Las enfermedades alérgicas como la rinitis, rinoconjuntivitis y el asma son algunas de las más frecuentes en el mundo, y en Europa; se estima que pueden afectar del 15 al 40 % de la población⁵, con una incidencia que se espera que continúe en aumento en

los próximos años⁶. En concreto, el polen es responsable del 65,6 % de los casos de asma alérgico en España, y afecta a más del 16 % de la población, una cifra que ha aumentado más del 50 % de 2005 a 2015, de acuerdo con el Informe Alergológica 2015⁷. Dado al carácter aerovagante del polen en la atmósfera, las estrategias preventivas, la información pública y evitar la exposición, constituyen las medidas más eficaces para mitigar los síntomas alérgicos de la población sensible⁸. Debido a este interés, desde la década de 1980, múltiples redes aerobiológicas han sido instauradas a nivel mundial para la monitorización y la difusión de los niveles de riesgo relativos a la exposición a polen⁹. Este seguimiento es crucial en entornos urbanos, donde la interacción entre emisiones antropogénicas y el polen puede acentuar la respuesta alérgica de la población¹⁰.

En el contexto del cambio global, se han documentado importantes variaciones en las concentraciones de polen

en el aire (en intensidad y temporalidad), atribuible al cambio climático¹¹⁻¹³. Este fenómeno influye directamente en la prevalencia de la polinosis y otras enfermedades respiratorias asociadas a alergias¹⁴⁻¹⁸. Además, el cambio climático, puede modificar las áreas de distribución de las plantas al afectar a su crecimiento y reproducción, lo que afecta directamente a los patrones de exposición polínica en el futuro^{11,19,20}. Por otro lado, los profundos cambios en los usos del territorio también están contribuyendo significativamente a cambiar los patrones de exposición polínica, intensificando así los riesgos asociados a enfermedades alérgicas en la población. En particular, la selección de especies ornamentales altamente alergénicas en espacios urbanos se ha identificado como un factor de riesgo relevante para la salud de la población^{21,22}.

El presente trabajo se enmarca en la Red Palinológica de la Comunidad de Madrid (Red PALINOCAM), un sistema de vigilancia del polen atmosférico basado en la cooperación entre la Administración regional, local y la Universidad Complutense de Madrid²³. Desde su creación en 1993, en el seno del Programa Regional de Control y Vigilancia del Asma (1992), la Red ha venido proporcionando datos diarios sobre la evolución temporal y espacial de las concentraciones polínicas en la Comunidad de Madrid, además de realizar predicciones a corto plazo, difundiendo activamente esta información a la población y al personal sanitario a través de boletines y alertas.

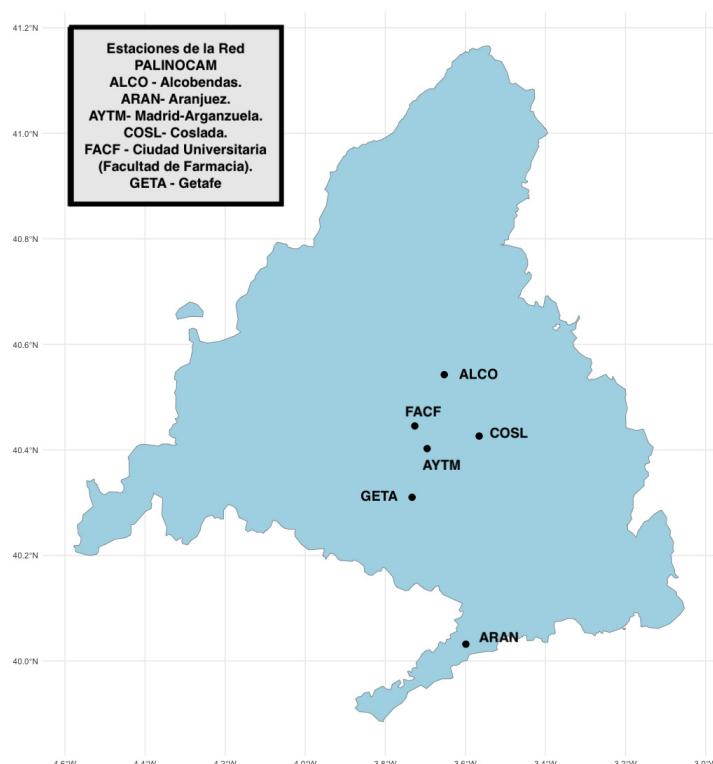
Las estaciones aerobiológicas de la Red PALINOCAM se encuentran estratégicamente ubicadas para cubrir el muestreo aerobiológico de las principales unidades fitogeográficas de la Comunidad de Madrid y abarcar el área donde vive la mayoría de la población²⁵. En todas ellas se realiza un seguimiento de toda la diversidad polínica en el aire, con especial interés en los tipos morfológicos polínicos de especies con relevancia alergénica de gran abundancia en el territorio.

El objetivo de este artículo es destacar la importancia del funcionamiento de la Red PALINOCAM como una herramienta preventiva de gran relevancia en salud pública de la Comunidad de Madrid, así como describir la dinámica de las concentraciones del polen atmosférico durante el año 2024, con especial énfasis en los tipos polínicos de interés alergénico. Este año se caracterizó por registrar concentraciones excepcionalmente altas de algunos tipos morfológicos polínicos, alcanzando en ciertos casos los valores más elevados desde que se iniciaron los registros en 1994, por lo que su estudio pormenorizado presenta una gran importancia.

MATERIAL Y MÉTODOS

La Red Palinológica de la Comunidad de Madrid está compuesta por muestreadores aerobiológicos de tipo Hirst²⁶. En este trabajo se han utilizado los datos

Figura 1. Mapa de las estaciones aerobiológicas de gestión pública que han muestreado sin interrupciones durante el año 2024 en la Comunidad de Madrid



de polen recopilados en el año 2024, así como los datos de la serie histórica comprendida entre los años 1994-2023, de 6 estaciones aerobiológicas de gestión pública que han realizado muestreos ininterrumpidos durante todo el año 2024 (figura 1). Se han considerado todos los tipos polínicos registrados durante el año, con especial énfasis en los tipos polínicos más relevantes por su abundancia, aparte del polen total. Además, se han analizado pormenorizadamente la incidencia y evolución temporal de cinco tipos morfológicos de polen debido a su alergenicidad, cantidad y relevancia en la Comunidad de Madrid, los cuales son: *Platanus* (PLAT), Cupressaceae/Taxaceae (CUPR), Poaceae (POAC), *Olea* (OLEA), y *Plantago* (PLAN). Las bases de datos aerobiológicas se han gestionado mediante el paquete de R'AeRobiology²⁷.

Las muestras fueron recogidas y analizadas de forma continua, siguiendo los estándares internacionales (UNE-EN 16868:2020)²⁸ y la aplicación del Manual de Calidad de la Red PALINOCAM, como transposición del Manual de Calidad y Gestión de la Red Española de Aerobiología y los requisitos mínimos consensuados internacionalmente para el desarrollo del muestreo aerobiológico^{29,30}. Todas las estaciones de la Red PALINOCAM siguen unos estándares comunes de calidad que aseguran la reproducibilidad y la comparabilidad de los datos de polen³¹.

Los resultados del muestreo aerobiológico de tipo volumétrico se miden en concentraciones diarias de polen en el aire cuyas unidades son granos de polen por metro cúbico de aire. A partir de estos datos se calcularon los siguientes parámetros aerobiológicos: IPA,

Índice Polínico Anual como suma de las concentraciones diarias durante el año y IPM, Índice Polínico Mensual como suma de las concentraciones diarias durante el mes, correspondientes a los tipos morfológicos de polen mencionados previamente para cada una de las estaciones, así como su valor promedio y el porcentaje que representa cada tipo en el total de los datos de polen en 2024. Además, para el tipo polínico que alcanza los máximos de concentración polínica en cada estación de muestreo se calcularon: FECHAmax, día de máxima concentración polínica durante el año y VALORmax, concentración diaria máxima durante el año.

Otro de los análisis realizados es la identificación mensual de los tipos polínicos más importantes para el conjunto de la Red, teniendo en cuenta los tipos que representan >5 % del índice polínico mensual (IPM), detallando además cuales son los grupos alergénicos. Finalmente, se ha comparado el IPA de 2024 para cada tipo polínico, con respecto a los valores históricos para el periodo 1994-2023.

A su vez, los datos del número de visitas mensuales registradas en la página web de información polínica de la Comunidad de Madrid, han sido comparados con los valores de IPM del polen total. Los datos de visitas han sido extraídos para las dos secciones principales de la página web habilitada, "Aerobiología. Polen y esporas" (<https://www.comunidad.madrid/servicios/salud/aerobiologia-polen-esporas>), y "Polen" (<https://www.comunidad.madrid/servicios/salud/polen>). Todos los análisis de datos y tratamientos estadísticos se realizaron con el programa R (R Core Team, 2025).

Tabla 1. Cantidad anual de polen (IPA), IPA promedio (Media) y el porcentaje de representación de cada tipo polínico sobre el polen total en el conjunto de la red (%) durante el año 2024 de los diez tipos polínicos más abundantes en la atmósfera en cada estación aerobiológica de estudio.

Tipo	ALCO	ARAN	AYTM	COSL	FACF	GETA	Media	%
<i>Platanus</i> PLAT	34 369	7 061	29 671	7 954	36 888	50 680	27 770	29,4
Cupressaceae/ Taxaceae CUPR	51 078	8 998	20 292	13 547	36 461	22 845	25 537	27,0
<i>Quercus</i> QUER	19 444	10 937	11 611	9 016	14 586	12 556	13 025	13,8
Poaceae POAC	5 029	7 106	3 480	3 652	3 786	5 733	4 798	5,1
Pinaceae PINA	5 960	2 230	4 883	2 399	6 208	4 196	4 313	4,6
<i>Plantago</i> PLAN	6 552	2 660	3 019	4 540	3 409	4 811	4 165	4,4
<i>Olea</i> OLEA	2 404	8 561	1 909	2 844	1 637	3 954	3 552	3,8
Moraceae MORA	2 434	3 206	1 384	4 151	1 881	2 013	2 512	2,7
<i>Ulmus</i> ULMU	2 612	576	1 794	717	1 442	943	1 347	1,4
Urticaceae URTI	1 118	581	1 178	1 251	1 392	1 828	1 225	1,3

Las abreviaturas del nombre de las estaciones de muestreo se encuentran descritas en la Figura 1.

RESULTADOS

Durante el año 2024 se identificaron un total de 73 tipos polínicos en las estaciones aerobiológicas de muestreo de la Red Palinológica de la Comunidad de Madrid (Red PALINOCAM), aunque la diversidad polínica en el aire muestra una clara estacionalidad y no es homogénea durante el año.

La suma de los IPA de los diez tipos polínicos más abundantes (tabla 1), suponen el 93,3 % de todo el polen registrado por las estaciones aerobiológicas en 2024. En conjunto, el tipo polínico más abundante fue *Platanus* (PLAT), con un 29,4 % del total, seguido muy de cerca por Cupressaceae/Taxaceae con una representación del 27,0 %, siendo el tipo polínico más numeroso en las estaciones de Alcobendas (ALCO), Aranjuez (ARAN), y Coslada (COSL). En conjunto, ambos tipos polínicos representaron más de la mitad de todo el polen muestreado en 2024, en concreto el 56,4 %.

La estación con mayor IPA fue Alcobendas (ALCO) con 142 215 granos de polen, seguida de Getafe (GETA) (116 175 granos de polen), y Madrid-Ciudad Universitaria (FACF) (113 691) (tabla 2). Por el contrario, la estación con el IPA más bajo fue Coslada (COSL) con 59 519 granos de polen en 2024. Los días con mayores concentraciones de granos de polen ocurrieron para todas las estaciones entre ellos días 20 y 23 de marzo, siendo el día 23 la fecha

máxima para tres de las seis estaciones (tabla 2). En todos los casos, el tipo polínico predominante en esos días fue *Platanus* (PLAT) (tabla 2).

Tabla 2. Principales parámetros aerobiológicos para el Polen Total (PT) y el valor máximo en las estaciones de la Red PALINOCAM durante 2024, registrados para el tipo polínico mayoritario ese día

Estación	IPA	FECHAmax	TPmax	VALORmax
ALCO	142 215	2024-03-23	PLAT	5 888
ARAN	60 239	2024-03-23	PLAT	1 610
AYTM	83 837	2024-03-21	PLAT	4 475
COSL	59 519	2024-03-20	PLAT	1 017
FACF	113 691	2024-03-23	PLAT	5 390
GETA	116 175	2024-03-20	PLAT	8 338

Las abreviaturas del nombre de las estaciones de muestreo se encuentran descritas en la Figura 1.

Respecto a la diversidad polínica mensual para el año 2024, diciembre fue el mes con un menor número de tipos polínicos registrados en el aire (17 tipos), seguido de enero (18) y noviembre (19) (tabla 3). En cambio, el mes de abril fue el mes con mayor diversidad (67 tipos), seguido de mayo (61) y junio (51) (tabla 3).

Tabla 3. Número de tipos polínicos identificados (Nº TP), tipos polínicos mayoritarios (>5% de representación respecto al índice polínico mensual) y principal polen alergénico en cada mes del año 2024

MES	Nº TP	TIPOS POLÍNICOS MAYORITARIOS	POLEN ALERGÉNICO
Ene	18	Cupresáceas y fresnos (CUPR, FRAX)	Cupresáceas y fresnos
Feb	30	Cupresáceas y olmos (CUPR, ULMU)	Cupresáceas
Mar	50	Plátanos de paseo (PLAT)	Plátanos de paseo
Abr	67	Morenas, pinos, llantenes, plátanos y encinas (MORA, PINA, PLAN, PLAT, QUER)	Morenas, llantenes y Plátanos de paseo
May	61	Olivos, pinos, llantenes, gramíneas y encinas (OLEA, PINA, PLAN, POAC, QUER)	Olivos, llantenes y gramíneas.
Jun	51	Olivos, pinos, llantenes, gramíneas y encinas (OLEA, PINA, PLAN, POAC, QUER)	Olivos, llantenes y gramíneas
Jul	43	Amarantáceas, castaño, llantenes, gramíneas y encinas (AMAR, CAST, PLAN, POAC, QUER)	Amarantáceas, llantenes y gramíneas.
Ago	34	Amarantáceas y gramíneas (AMAR, POAC)	Amarantáceas y gramíneas.
Sep	30	Amarantáceas, artemisa y gramíneas (AMAR, ARTE, POAC)	Amarantáceas, artemisa y gramíneas
Oct	25	Cupresáceas (CUPR)	Cupresáceas
Nov	19	Cupresáceas (CUPR)	Cupresáceas
Dic	17	Cupresáceas (CUPR)	Cupresáceas

En los meses invernales, los tipos polínicos mayoritarios estarían conformados por Cupressaceae/Taxaceae (CUPR), *Fraxinus* (FRAX) y *Ulmus* (ULMU). En los meses primaverales como mayoritarios destacaron Moraceae (MORA), *Olea* (OLEA), Pinaceae (PINA), *Platanus* (PLAT), *Plantago* (PLAN), Poaceae (POAC) y *Quercus* (QUER). Y durante el verano y principios del otoño los tipos polínicos más abundantes fueron Amaranthaceae (AMAR), *Artemisia* (ARTE), *Plantago* (PLAN), Poaceae (POAC).

En otoño el tipo polínico mayoritario es de nuevo Cupressaceae/Taxaceae (CUPR).

Respecto al Índice Polínico Mensual (IPM), se observaron valores que oscilan entre los 5 000 y 35 000 granos de polen para las diferentes estaciones durante enero y febrero, con los valores más altos en febrero en las estaciones de Alcobendas (ALCO) y Madrid-Ciudad Universitaria (FACF) (figura 2). En marzo, todas las estaciones mostraron un rápido incremento, alcanzando el máximo IPM del año en Getafe (GETA), con más de 40 000 granos de polen, seguida por Alcobendas (ALCO), Madrid-Ciudad Universitaria (FACF) y Madrid-Arganzuela

(AYTM). En abril y mayo la mayor parte de las estaciones mantuvieron valores elevados, alcanzándose los máximos en Ciudad Universitaria (FACF) y Aranjuez (ARAN). Los IPM muestran una caída pronunciada durante el verano y el otoño, llegando a valores cercanos a cero. En los meses de noviembre y diciembre se observó un leve repunte (con IPMS entre 5 000 y 10 000 en algunas estaciones como Alcobendas (ALCO), Getafe (GETA) y Ciudad Universitaria (FACF)), aunque aún con niveles bajos para la mayoría de las estaciones.

La evolución de las concentraciones polínicas de los cinco tipos más alergénicos permite observar patrones bien definidos a lo largo del año. La temporada de polinización de Cupressaceae/Taxaceae (CUPR) es una de las más extensas, abarcando desde enero hasta abril, con varios picos que superan los 2 000 granos de polen/m³ de aire (figura 3). Tras un periodo de ausencia entre mayo y octubre, reaparecen en noviembre y diciembre con concentraciones especialmente elevadas que superan los 1 000 granos de polen/m³ de aire. Su presencia es bastante uniforme en todas las estaciones de la Red.

Figura 2. Índice Polínico Mensual (IPM) del polen total en las estaciones de la Red PALINOCAM

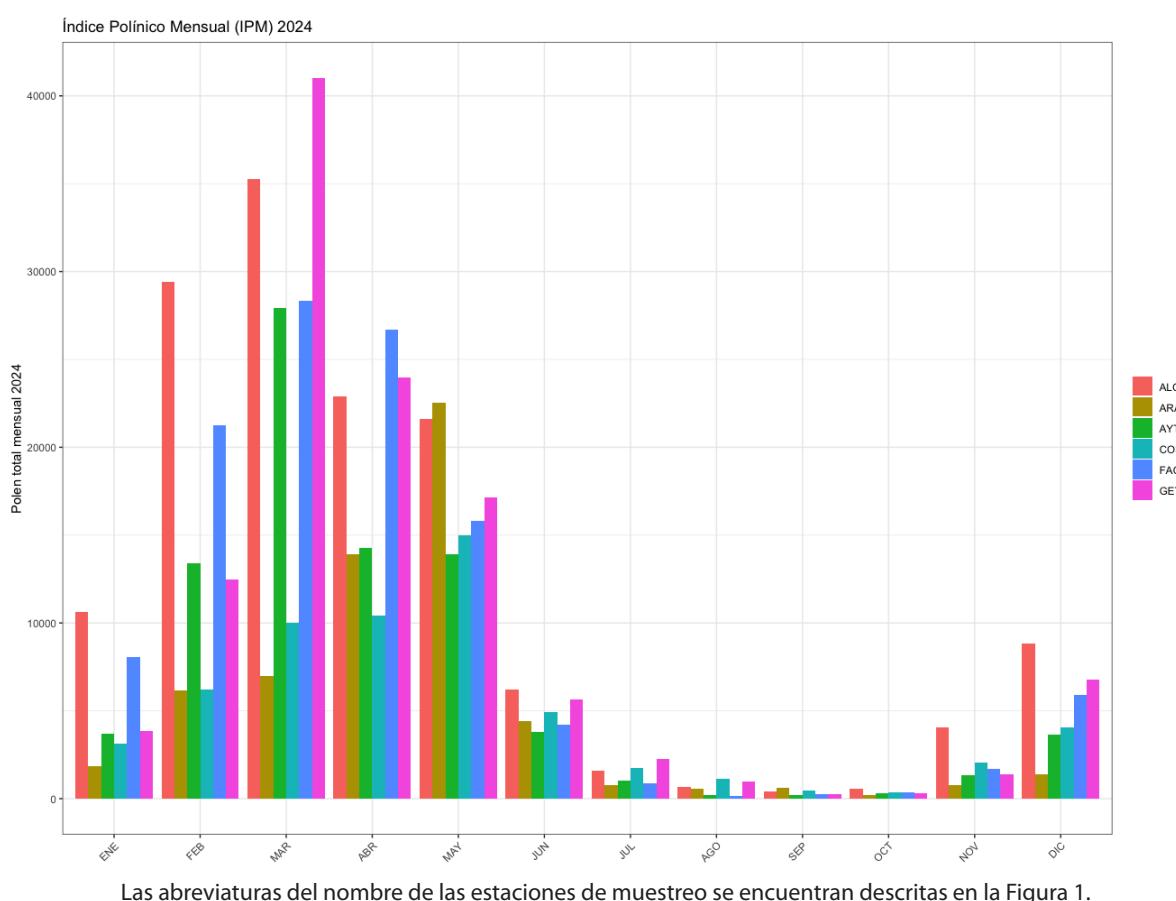
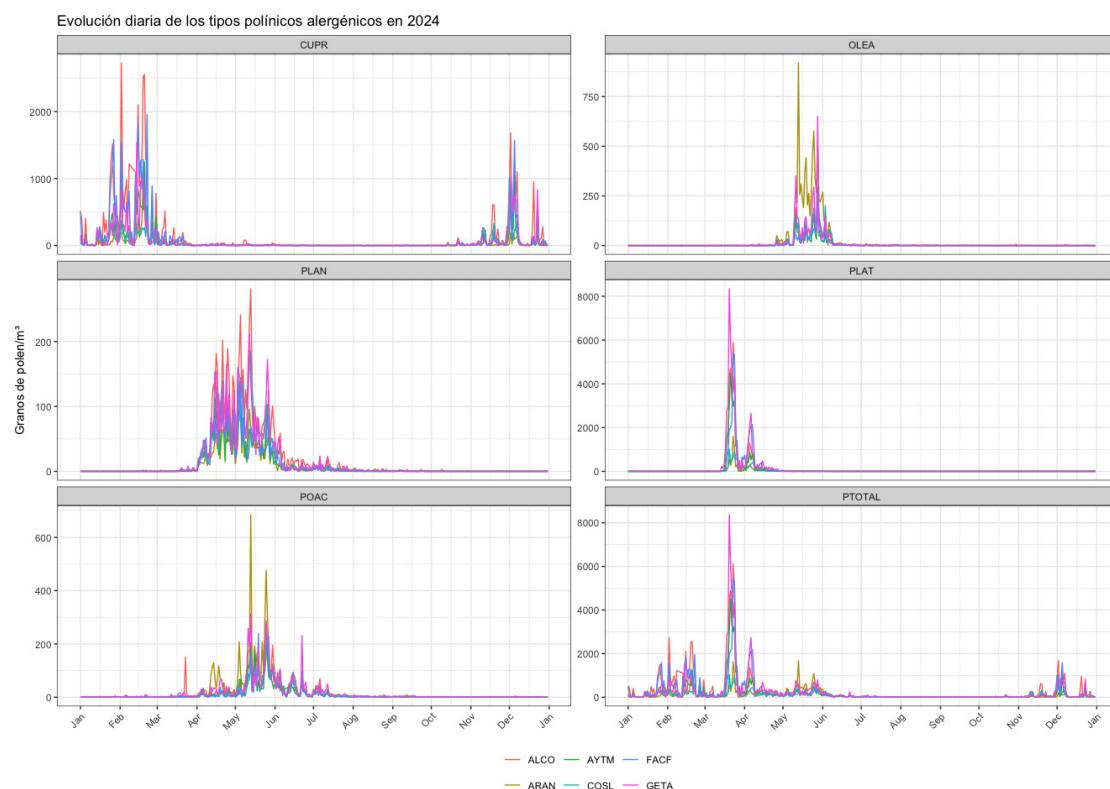


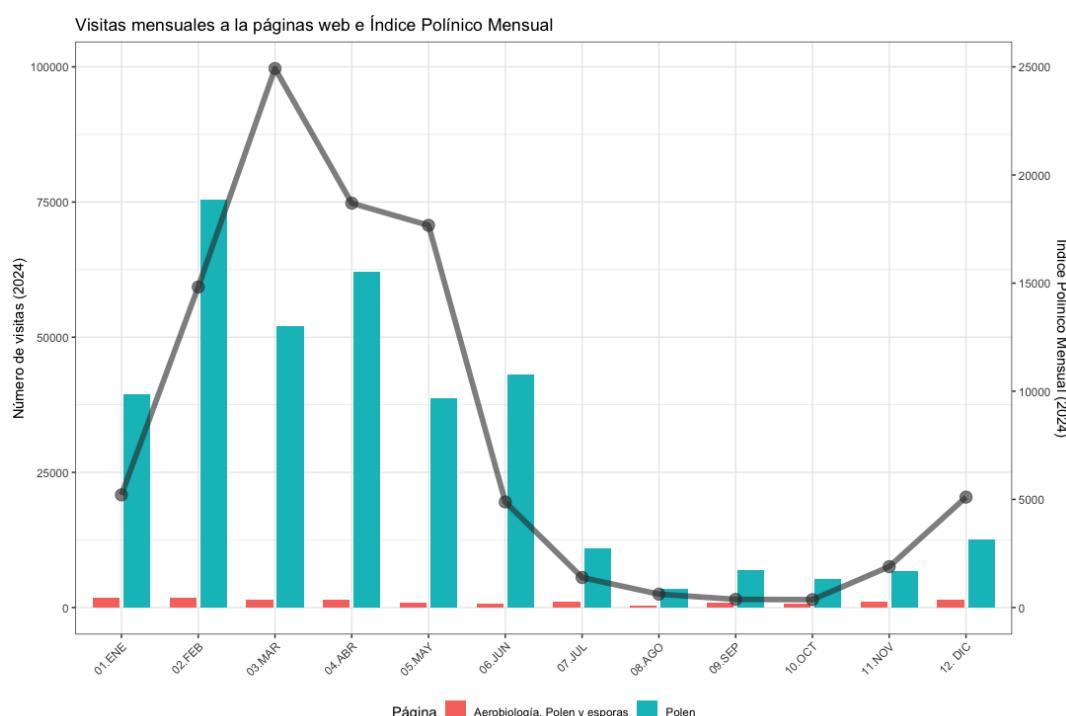


Figura 3. Evolución diaria de las concentraciones de polen en cada estación de muestreo de la Red PALINOCAM para los 5 tipos polínicos más alergénicos y el total



Las abreviaturas del nombre de las estaciones de muestreo se encuentran descritas en la figura 1.

Figura 4. Visitas mensuales a las secciones de la web de la Red Palinológica de la Comunidad de Madrid de "Aerobiología" y "Polén". Comparativa con los valores mensuales de IPM para el polen total como promedio de las estaciones de muestreo. El IPM aparece representado por la línea gris



Los tipos polínicos *Plantago* (PLAN) y Poaceae (POAC) aparecen en períodos similares, presentes desde mediados de abril hasta finales de junio. Ambos tipos muestran sus máximos en mayo y junio, aunque Poaceae alcanza concentraciones diarias que, superan los 600 granos/m³, mientras que *Plantago* no llega a los 300 granos/m³. Las concentraciones más altas de *Plantago* (PLAN) se registraron en Alcobendas (ALCO) y Getafe (GETA), mientras que las mayores concentraciones de Poaceae se dieron en Aranjuez (ARAN). *Olea* (OLEA) es el tipo polínico menos abundante entre los alergénicos analizados. Su periodo de presencia se limita de mediados de mayo hasta finales de junio, con registros diarios especialmente elevados en Aranjuez (ARAN), donde se superan los 750 granos/m³ de aire. En cuanto a *Platanus* (PLAT), su temporada es breve, extendiéndose desde finales de marzo hasta mediados de mayo. Su distribución es muy homogénea entre estaciones, con un pico principal en marzo que alcanza concentraciones diarias superiores a los 8 000 granos/m³ de aire en Getafe (GETA), y las más bajas en Coslada (COSL). Además, se observa un repunte generalizado en mayo, con concentraciones diarias que superan los 2 000 granos/m³ de aire. El análisis diario del polen total confirma que los meses primaverales concentran las mayores emisiones, con un espectro polínico activo desde finales de octubre hasta principios de julio. En contraste, los meses estivales y el inicio del otoño (julio a octubre) constituyen la etapa con menor presencia polínica en el aire.

En cuanto al comportamiento mensual de las visitas online, la sección de "Polen" superó de forma constante a la de "Aerobiología. Polen y esporas" en la web de la Red PALINOCAM, durante todos los meses del año (figura 4). El mayor volumen de visitas se concentró en el periodo de enero a junio, con 331 050 visitas de las 370 677 visitas totales registradas entre ambas páginas en 2024. Alcanzándose el pico máximo en febrero con 77 353 visitas, seguido por el mes de abril 63 617 visitas, lo que coincide de manera precisa con el patrón estacional de la incidencia de polen total en el aire en la Comunidad de Madrid.

En 2024, los Índices polínicos anuales de los tipos polínicos más alergénicos destacan por ser de los más altos que se han alcanzado en la serie histórica (1994-2024). En el caso de Cupressaceae/Taxaceae (CUPR), los valores de 2024 se encuentran por encima de la mediana de la serie histórica en todas las estaciones, y son los mayores registrados de todo el periodo 1994-2024 para las estaciones de Alcobendas (ALCO), con más de 50 000 granos de polen, y Ciudad Universitaria (FACF) con más de 35 000 granos de polen. Con respecto a *Platanus* (PLAT), 2024 presenta valores superiores a la mediana de la serie histórica en todas las estaciones excepto en la de Aranjuez (ARAN), siendo el año con valores más altos registrados en las estaciones de Alcobendas (ALCO) (>30 000 granos de polen) y Getafe (GETA) con valores

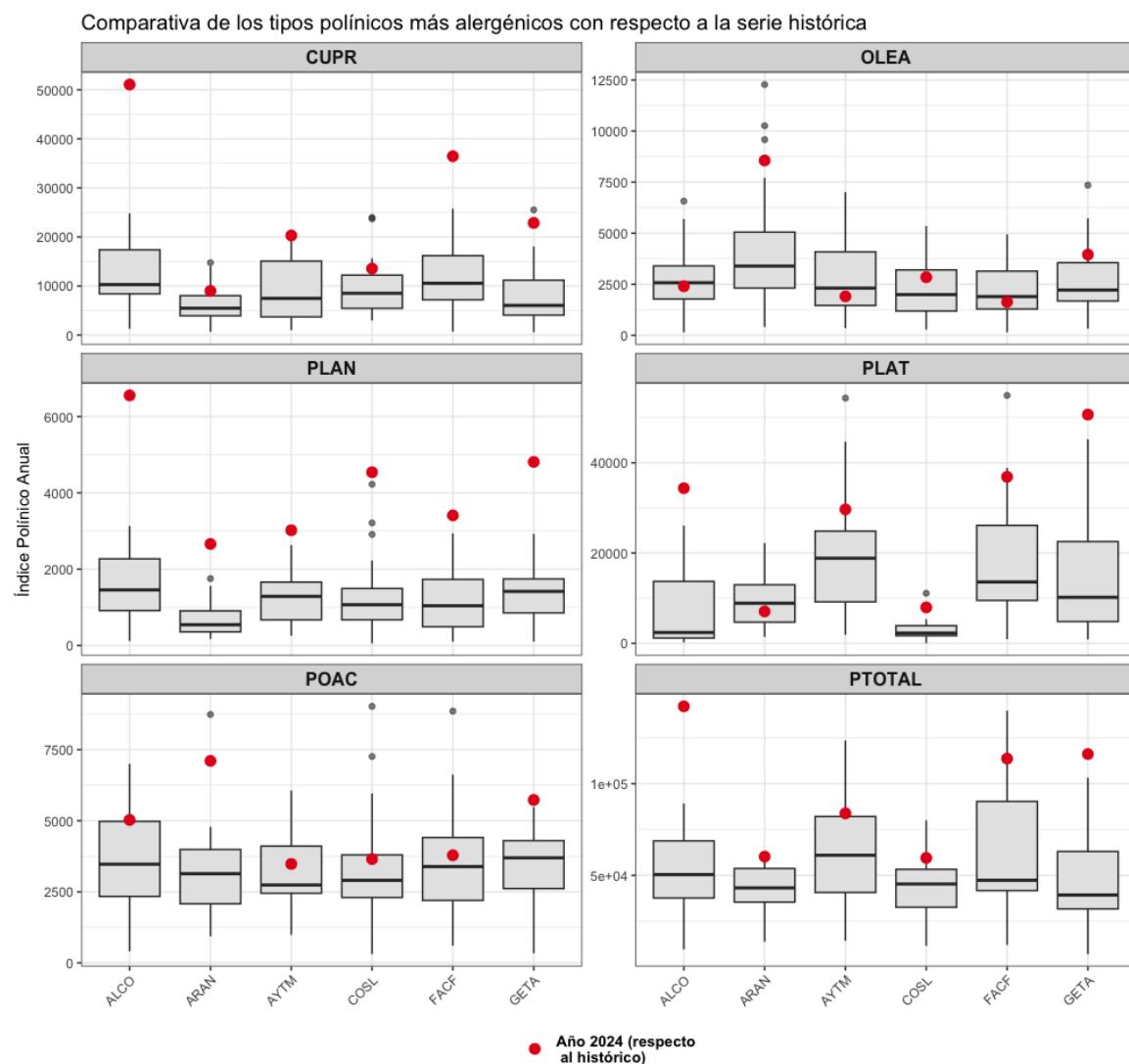
superiores a los 50 000 granos de polen. Con respecto a Poaceae (POAC) y *Plantago* (PLAN), los valores de su Índice polínico anual en 2024 superan la mediana de la serie histórica en todas las estaciones, y en concreto para *Plantago* (PLAN) 2024 es el año con registros más altos de la serie histórica (1994-2024) en las 6 estaciones. En cuanto a *Olea* (OLEA), las concentraciones fueron superiores, en general, a la mediana de la serie histórica en Aranjuez (ARAN), Coslada (COSL) y Getafe (GETA), siendo Aranjuez (ARAN) la estación con los valores más altos (aproximadamente 8 000 granos de polen de *Olea*), mientras que en Alcobendas (ALCO), Madrid-Arganzuela (AYTM) y Ciudad Universitaria (FACF) se situaron por debajo. Respecto al polen total (PTOTAL), el año 2024 presentó niveles significativamente más altos con valores superiores a la mediana de la serie histórica en todas las estaciones, y particularmente destacables los registros de Alcobendas (ALCO) (>100 000 granos de polen), Getafe (GETA) y Aranjuez (ARAN) (figura 5), con el registro más elevado de todo el periodo histórico. En el caso de Ciudad Universitaria (FACF) es el tercer año más elevado en la serie histórica.

DISCUSIÓN

Los datos presentados en este estudio demuestran que el año 2024 ha sido uno de los más relevantes en términos de concentración polínica dentro de la serie histórica 1994–2024 de la Red Palinológica de la Comunidad de Madrid (Red PALINOCAM). La concentración polínica fue especialmente elevada durante los meses primaverales, destacando el mes de abril, mientras que los niveles más bajos de diversidad se observaron en diciembre, enero y noviembre. Este patrón estacional de riqueza polínica es coherente con los ciclos reproductivos de la flora local y ornamental presentes en la Comunidad de Madrid²⁵, y en general, en toda el área Mediterránea³²⁻³⁴.

En el año 2024, cabe destacar que las concentraciones de polen de *Platanus* (PLAT) superaron ampliamente los valores históricos en todas las estaciones de la Red PALINOCAM (menos en Aranjuez), y para Cupressaceae/Taxaceae (CUPR) también mostraron valores muy elevados superando las medianas de la serie histórica (1994-2024) en todas las estaciones, y alcanzando el valor máximo registrado en las estaciones de Alcobendas (ALCO) y Ciudad Universitaria (FACF). En conjunto, ambos tipos polínicos representaron el 56 % de IPA total anual lo que evidencia su relevancia en el espectro polínico de la región. Las especies de Cupressaceae/Taxaceae y de *Platanus* presentes en nuestra área de estudio son principalmente ornamentales no autóctonas³⁵, con alta capacidad alergénica, que liberan grandes concentraciones de polen a la atmósfera debido a su polinización anemófila. Además, *Platanus* fue el tipo polínico dominante en todas las estaciones durante los días de máxima concentración anual, con un pico muy marcado y uniforme en marzo, seguido de un segundo

Figura 5. Comparativa de la cantidad de polen anual registrada para los 5 tipos polínicos más alergénicos en el año 2024 (punto rojo), con respecto a la distribución de los datos anuales durante la serie histórica en cada estación aerobiológica de la Red PALINOCAM (diagrama de cajas)



Las abreviaturas del nombre de las estaciones de muestreo se encuentran descritas en la figura 1.

pico de menor intensidad, probablemente relacionado con la lluvia durante su periodo de floración como se ha visto en otros lugares³⁶⁻³⁹. El comportamiento de Cupressaceae/Taxaceae también fue notable, con una prolongada presencia en el aire desde enero hasta abril y nuevamente entre noviembre y diciembre, ocupando así prácticamente la mitad del año. Esta extensión puede atribuirse a la combinación de especies autóctonas y alóctonas (muchas utilizadas con fines ornamentales), que presentan periodos de polinización solapados o incluso múltiples picos de polinización a lo largo del año⁴⁰.

En la Comunidad de Madrid, el área urbana ha crecido significativamente durante las últimas décadas⁴¹ y, con ello, el número de árboles ornamentales con potencial

alergénico, que, con frecuencia, se han plantado en paseos, jardines y espacios verdes de las grandes ciudades³². Además, es probable que los niveles de polen hayan aumentado más aún porque muchos de esos ejemplares han alcanzado ya la madurez, lo que conlleva una mayor producción polínica⁴². Esta tendencia al incremento de las cantidades de polen procedente de determinadas especies de flora ornamental, como es el plátano de sombra, se encuentra estrechamente relacionado con el incremento en el número de árboles plantados en las ciudades, como ocurre en otras áreas del centro peninsular⁴³.

Aunque la evolución de las concentraciones polínicas fue similar entre estaciones aerobiológicas, los valores de IPM totales del año 2024 variaron de forma importante

entre ellas. Estas diferencias pueden deberse a la heterogeneidad territorial de la Comunidad de Madrid, una región con marcados contrastes en vegetación, usos del suelo y condiciones meteorológicas; que son factores que influyen directamente en la producción, dispersión, acumulación y tipo de polen, y que, en consecuencia, condicionan la exposición y los niveles de alergenicidad de la población según la localización⁴⁴⁻⁴⁷.

Asimismo, el muestreo aerobiológico realizado en 2024 ha permitido identificar los principales tipos de polen y sus períodos de riesgo alérgico en la Comunidad de Madrid. En invierno y comienzos de primavera predomina el polen de cupresáceas (noviembre a marzo) y de fresno (enero-febrero). A finales de marzo y abril se observa una breve pero intensa polinización del plátano de paseo, que este año alcanzó los niveles máximos de la serie histórica. La primavera y el inicio del verano concentran la mayor diversidad polínica, destacando el olivo, las gramíneas, llantenes y urticáceas, estas últimas relevantes por su presencia continuada pese a su baja abundancia. En los últimos meses del verano y el comienzo del otoño, predomina el polen de amarantáceas, responsables del riesgo de alergia durante el periodo estival, pero con una baja abundancia. El otoño y el invierno marcan un periodo de menor concentración y escasa diversidad, aunque aún se detectan picos puntuales de gramíneas y urticáceas, y un incremento de los niveles de cupresáceas que marca el inicio de la siguiente estación polínica. Este patrón se repite año a año en la Comunidad de Madrid³⁹.

Por tanto, la importancia de la Red PALINOCAM se refuerza en este contexto de alta carga polínica y en el marco del cambio global. La creciente variabilidad en las concentraciones, la duración de los períodos de polinización y la aparición de floraciones extemporáneas muestran la necesidad urgente de vigilancia aerobiológica continua y estandarizada^{12,21,44}. Además, la interacción entre polen y contaminantes atmosféricos puede exacerbar los síntomas alérgicos, especialmente en áreas urbanas densas como la Comunidad de Madrid⁴⁸. Por ello, la Red cumple una función crucial tanto desde el punto de vista ambiental como de la salud pública de la población en la Comunidad de Madrid.

En línea con esta labor de información pública, los datos de visitas a las páginas web de difusión de la Red PALINOCAM (“Aerobiología. Polen y esporas” <https://www.comunidad.madrid/servicios/salud/aerobiologia-polen-esporas>, y “Pollen” <https://www.comunidad.madrid/servicios/salud/pollen>), indican que el mayor interés de la población coincide con los momentos de mayor cantidad de polen en el aire, en concreto la abundancia de polen con potencial alergénico. El mayor número de visitas (77 353) se registró en febrero, en paralelo a las máximas concentraciones de Cupressaceae/Taxaceae (CUPR), lo que sugiere una clara relación entre la presencia de este

tipo polínico y la demanda de información aerobiológica. Los períodos coincidentes con la floración y polinización de *Platanus* (PLAT), Poaceae (POAC) y *Olea* (OLEA), también coinciden con meses de gran interés para la población alérgica y la demanda de información polínica actualizada por parte de la Red PALINOCAM. El acceso a la difusión pública de los datos y sistemas de aviso y predicción se revela como una medida preventiva clave para mitigar el impacto de la exposición alérgica²⁴.

Además, es esencial vincular la planificación urbanística que regula las zonas verdes, usos de suelo, y flora ornamental de uso extendido con la gestión del riesgo alérgico. Como ha quedado demostrado en este estudio, muchos de los tipos polínicos con mayor impacto en la calidad del aire y la salud provienen precisamente de estas especies ornamentales, por lo que una revisión crítica de su uso resulta necesaria.

En conclusión, el año 2024 se ha consolidado como el de mayor carga polínica de toda la serie histórica, destacando particularmente los tipos Cupressaceae/Taxaceae y *Platanus*, con una presencia dominante y un elevado potencial alergénico. Desde esta perspectiva, la Red PALINOCAM se posiciona como un instrumento de vigilancia y prevención de la salud pública y ambiental, cuya relevancia no hará sino aumentar ante los efectos del cambio climático y las transformaciones derivadas de las actividades humanas. En el futuro, será imprescindible adoptar un enfoque integral y multidisciplinar que considere no solo la cantidad de polen en el aire, sino también las diversas variables ambientales, biológicas y sociales que influyen en la exposición a polen de la población alérgica.

AGRADECIMIENTOS

La Red Palinológica de la Comunidad de Madrid es el resultado de la colaboración de diferentes instituciones públicas: el Gobierno de la Comunidad de Madrid, la Universidad Complutense de Madrid y diversos ayuntamientos en la Comunidad de Madrid (en este trabajo han participado Aranjuez, Alcobendas, Coslada, Getafe y Madrid). Los autores agradecen a todo el personal de estas instituciones implicados en las labores de coordinación, gestión de la información y generación de bases de datos de la Red PALINOCAM.

BIBLIOGRAFÍA

1. Maya-Manzano JM, Smith M, Markey E, Hourihane Clancy J, Sodeau J, O'Connor DJ. Recent developments in monitoring and modelling airborne pollen, a review. Grana. 2021; 60:1-19.
2. Rodríguez-Arias RM, Rojo J, Fernández-González F, Pérez-Badia R. Desert dust intrusions and their incidence on airborne biological content. Review and case study in the Iberian Peninsula. Environ. Pollut. 2023; 316:120464.

- 
3. Biagioli B, Annesi-Maesano I, D'Amato G, Cecchi L. The rising of allergic respiratory diseases in a changing world: from climate change to migration. *Expert Rev. Respir. Med.* 2020; 14:973–86.
 4. D'Amato G, Chong-Neto, HJ, Ortega OPM, Vitale C, Ansotegui I, Rosario N, Haahtela, et al. The effects of climate change on respiratory allergy and asthma induced by pollen and mold allergens. *Allergy.* 2020; 75:2219–28.
 5. Zubeldia JM, Baeza M L, Chivato T, J' auregui I, Senent CJ. 2021. El libro de las enfermedades alérgicas. Fundacion BBVA.
 6. European Academy of Allergy and Clinical & Immunology. (2015). Advocacy manifestó ackling the allergy crisis in Europe Concerted policy action needed [citado el 24 de octubre de 2018] Disponible en: https://eaaci.org/wp-content/uploads/2024/02/EAACI_Advocacy_Manifesto.pdf.
 7. Ojeda P, Sastre J, Olaguibel J, Chivato T. Alergólogica 2015: A National Survey on allergic diseases in the adult spanish population. *J. Investig. Allergol. Clin. Inmunol.* 2018; 28(3):151–64.
 8. Strzelczyk Z, Roszkowski M, Feleszko W, Krauze A. Avoidance of allergens as an environmental method in the prevention of inhaled allergy symptoms. *Allergol. Immunopathol.* 2020; 48(6):745–52.
 9. Buters JTM, Antunes C, Galveias A, Bergmann KC, Thibaudon M, et al. Pollen and spore monitoring in the world. *Clin. Transl. Allergy* 2018;8.
 10. Grewling Ł, Ribeiro H, Antunes C, Apangu GP, Çelenk S, Costa A., Skjøth CA. Outdoor airborne allergens: characterization, behavior and monitoring in Europe. *Sci. Total Environ.* 2023; 905:167042.
 11. Rojo J, Oteros J, Picornell A, Maya-Manzano JM, Damialis A, Zink K, et al. Effects of future climate change on birch abundance and their pollen load. *Glob. Change Biol.* 2021; 27:5934–49.
 12. Ziska LH, Makra L, Harry SK, Bruffaerts N, Hendrickx M, Coates F, et al. Temperature-related changes in airborne allergenic pollen abundance and seasonality across the northern hemisphere: a retrospective data analysis. *Lancet Planet. Health.* 2019; 3:124–31.
 13. Anderegg WR, Abatzoglou JT, Anderegg LD, Bielory L, Kinney PL, Ziska L. Anthropogenic climate change is worsening North American pollen seasons. *Proc. Natl Acad. Sci. U. S. A.* 2021; 118(7):e2013284118.
 14. Shea KM, Truckner RT, Weber RW, Peden DB. Climate change and allergic disease. *J. Allergy Clin. Immunol.* 2008; 122:443–53.
 15. Bajin MD, Cingi C, Oghan F, Gurbu M. Global warming and allergy in Asia Minor. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* 2013; 270:27–31.
 16. Singh AB, Kumar P. Climate change and allergic diseases: an overview. *Front. Allergy.* 2022; 3:1–9.
 17. Choi YJ, Lee KS, Oh JW. The impact of climate change on pollen season and allergic sensitization to pollens. *Immunol. Allergy Clin. North Am.* 2021; 41:97–109.
 18. D'Amato G, D'Amato M. Climate change, air pollution, pollen allergy and extreme atmospheric events. *Curr. Opin. Pediatr.* 2023; 35:356–61.
 19. Song Y, Jiao W, Wang J, Wang L. Increased global vegetation productivity despite rising atmospheric dryness over the last two decades. *Earth's Future.* 2022; 10:1–16.
 20. Wolfe DW, Erickson JD. Carbon Dioxide Effects on Plants: Uncertainties and Implications for Modeling Crop Response to Climate Change. In *Agricultural Dimensions of Global Climate Change.*, Routledge. 2022; 153–78.
 21. García-Mozo H, Oteros JA, Galán C. Impact of land cover changes and climate on the main airborne pollen types in Southern Spain. *Sci. Total Environ.* 2016; 548:221–8.
 22. Cariñanos P, Casares-Porcel M, de la Guardia CD, Aira MJ, Belmonte J, Boi M, Maray AMV. Assessing allergenicity in urban parks: A nature-based solution to reduce the impact on public health. *Environ. Res.* 2017; 155:219–27.
 23. Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid (BOCM). Resolución de 18 de agosto de 2004, del Director General de Salud Pública, por la que se establece el Comité de Coordinación de la Red Palinológica de la Comunidad de Madrid. BOCM núm. 293, 9 de diciembre de 2004.
 24. Cervigón P, Rojo J, Ferencova Z, Iriarte JMO, Ruiz EA, Gutiérrez-Bustillo AM. La Red Palinológica de la Comunidad de Madrid. Treinta años como sistema de vigilancia e información de polen aerovagante de utilidad en Salud Pública. *Rev. Salud Ambient.* 2024; 24(2):168–77.
 25. Rojo J, Cervigón P, Ferencova Z, Cascón Á, Díaz JG, Romero-Morte J, et al. Assessment of environmental risk areas based on airborne pollen patterns as a response to land use and land cover distribution. *Environmental Pollution.* 2024; 344:123385.
 26. Hirst JM. An automatic volumetric spore trap. *Ann. App. Biol.* 1952; 39:257–65.
 27. Rojo J, Picornell A, Oteros J. AeRobiology: The computational tool for biological data in the air. *Methods Ecol. Evol.* 2019; 10(8):12731278.
 28. UNE-EN 16868, 2020. Ambient Air-Sampling And Analysis of Airborne Pollen Grains And Fungal Spores for Networks Related to Allergy-Volumetric Hirst Method.
 29. Galán C, González PC, Teno PA, Vilches ED. Manual de Calidad y Gestión de la Red Española de Aerobiología. Córdoba. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. 2007.
 30. Galán C, Smith M, Thibaudon M, Frenguelli G, Oteros J, Gehrig R, et al. EAS QC Working Group, Pollen monitoring: minimum requirements and reproducibility of analysis. *Aerobiología.* 2014; 30:385–95.
 31. Cervigón P, Ferencova Z, Cascón Á, Romero-Morte J, Galán Díaz J, Rojo J, et al. Importance of the quality management of aerobiological monitoring networks: The case study of Madrid Region in Spain. *Sci. Total Environ.* 2024; 954:176544.
 32. Pérez-Badia R, Rapp A, Morales C, Sardiner S, Galán C, García-Mozo H. Pollen spectrum and risk of pollen allergy in central Spain. *Ann. Agric. Environ. Med.* 2010; 17(1):139–51.
 33. Elvira-Rendueles B, Moreno JM, Costa I, Bañón D, Martínez-García MJ, Moreno-Grau S. Pollen calendars of Cartagena, Lorca, and Murcia (Region of Murcia), southeastern Iberian Peninsula: 2010–2017. *Aerobiología.* 2019; 35:477–96.
 34. ELHassani L, Boullayali A, Janati A, Achmakh L, Bouziane H. Aerobiological study of airborne pollen in Tétouan (NW of Morocco): diversity, intensity and calendar. *Aerobiología.* 2022; 38(4):483–99.
 35. Cariñanos P, Casares-Porcel M. Urban green zones and related pollen allergy: A review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact. *Landsc. Urban Plan.* 2011; 101(3):205–14.

36. Cariñanos P, Ruiz-Peña S, Valle AM, de la Guardia CD. Assessing pollination disservices of urban street-trees: The case of London-plane tree (*Platanus x hispanica* Mill. ex Münchh). *Sci. Total Environ.* 2020; 737:139722.
 37. Lara B, Rojo J, Fernández-González F, Pérez-Badia R. Prediction of airborne pollen concentrations for the plane tree as a tool for evaluating allergy risk in urban green areas. *Landsc Urban Plan.* 2019; 189:285-95.
 38. Hidalgo PJ, Galán C, Domínguez E. Pollen production of the genus *Cupressus*. *Grana.* 1999; 38(5):296-300.
 39. Molina RT, Rodríguez AM, Palaciso IS, López FG. Pollen production in anemophilous trees. *Grana.* 1996; 35(1):38-46.
 40. Cervigón P, Ferencova Z, Cascón Á, Romero-Morte J, Díaz JG, Sabariego S, Rojo J, et al. Progressive pollen calendar to detect long-term changes in the biological air quality of cities in the Madrid Region, Spain. *Landsc Urban Plan.* 2024; 247:0169-2046.
 41. Díaz-Pacheco J, García-Palomares JC. Urban Sprawl in the Mediterranean Urban Regions in Europe and the Crisis Effect on the Urban Land Development: Madrid as Study Case. *Urban Stud. Res.* 2014; 807381.
 42. Katz DSW, Robinson GS, Ellis A, Nowak DJ. The effects of tree planting on allergenic pollen production in New York City. *Urban For. Urban.* 2024; 92:128208.
 43. Lara B, Rojo J, Fernández-González F, González-García-Saavedra A, Serrano-Bravo MD, Pérez-Badia R. Impact of plane tree abundance on temporal and spatial variations in pollen concentration. *Forests.* 2020; 11(8):817.
 44. Anderegg WRL, Abatzoglou JT, Anderegg LDL, Bielory L, Kinney PL, Ziska L. Anthropogenic climate change is worsening North American pollen seasons. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 2021; 118(7):e2013284118.
 45. de Weger LA, Molster F, de Raat K, den Haan J, Romein J, van Leeuwen W, et al. A new portable sampler to monitor pollen at street level in the environment of patients. *Sci. Total Environ.* 2020; 741:140404.
 46. Katz DSW, Batterman SA. Urban-scale variation in pollen concentrations: A single station is insufficient to characterize daily exposure. *Aerobiologia.* 2020; 36(3):417-31
 47. López-Orozco R, García-Mozo H, Oteros J, Galán C. Long-term trends and influence of climate and land-use changes on pollen profiles of a Mediterranean oak forest. *Sci. Total Environ.* 2023; 897:165400.
 48. Ravindra K, Goyal A, Mor S. Influence of meteorological parameters and air pollutants on the airborne pollen of city Chandigarh, India. *Sci. Total Environ.* 2022; 818:151829.