

Variabilidad polínica en la Región de Murcia: impacto en la salud y la necesidad de la vigilancia aerobiológica

Variabilidade polínica na Região de Múrcia: impacto na saúde e necessidade de monitorização aerobiológica

Pollen variability in the Region of Murcia: Impact on health and the need for aerobiological monitoring

Francisco Aznar, Stella Moreno-Grau, Luis Negral, José María Moreno

Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, España.

Cita: Aznar F, Moreno-Grau S, Negral L, Moreno JM. Variabilidad polínica en la Región de Murcia: impacto en la salud y la necesidad de la vigilancia aerobiológica. Rev Salud ambient. 2024; 24(2):178-188.

Recibido: 21 de octubre de 2024. **Aceptado:** 8 de noviembre de 2024. **Publicado:** 15 de diciembre de 2024.

Autor para correspondencia: Francisco Aznar.
Correo e: francisco.aznar@edu.upct.es

Financiación: «Programa Investigo» financiado por la Unión Europea- Next Generation EU, Universidad Politécnica de Cartagena, Banco Santander.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que hayan influido en la realización y preparación de este trabajo.

Declaraciones de autoría: Todos los autores contribuyeron al diseño del estudio y la redacción del artículo. Asimismo, todos los autores aprobaron la versión final.

Resumen

La aerobiología, disciplina que analiza la dinámica de los bioaerosoles, como los granos de polen, esporas y microorganismos en el aire, juega un papel fundamental en la prevención de las enfermedades alérgicas, anticipando la aparición de síntomas en personas sensibilizadas. Este artículo examina las concentraciones de polen en el aire de los tipos polínicos mayoritarios en tres ciudades de la Región de Murcia: Cartagena, Murcia y Lorca. Las muestras fueron recolectadas con un captador tipo Hirst y analizadas bajo microscopio óptico mediante la metodología aerobiológica estandarizada, validada a nivel europeo. Los resultados muestran un incremento significativo en los índices polínicos anuales de los principales tipos polínicos en 2023, comparado con el promedio del periodo 2010-2022. A pesar de la proximidad geográfica, existe una variabilidad en los taxones predominantes entre las ciudades, lo que destaca la importancia de contar con redes de vigilancia aerobiológica robustas, así como la necesidad de un marco legislativo sólido que integre a los contaminantes biológicos con otros elementos de la contaminación atmosférica, permitiendo una mejor prevención de las enfermedades alérgicas, reduciendo costes y mejorando la calidad de vida de los pacientes afectados.

Palabras clave: aerobiología; aeropalinología; calidad del aire; polen; polinosis; alergia.

Resumo

A aerobiologia, disciplina que analisa a dinâmica dos bioaerossóis, tais como grãos de pólen, esporos e microrganismos presentes no ar, desempenha um papel fundamental na prevenção de doenças alérgicas, antecipando o aparecimento de sintomas em indivíduos sensibilizados. Este artigo analisa as concentrações de pólen no ar dos principais tipos de pólen em três cidades da Região de Múrcia: Cartagena, Múrcia e Lorca. As amostras foram recolhidas com um amostrador do tipo Hirst e analisadas ao microscópio ótico utilizando uma metodologia aerobiológica normalizada, validada a nível europeu. Os resultados mostram um aumento significativo dos índices polínicos anuais dos principais tipos polínicos em 2023, em comparação com a média do período 2010-2022. Apesar da proximidade geográfica, existe variabilidade na taxa predominante entre as cidades, evidenciando

a importância de redes robustas de monitorização aerobiológica, bem como a necessidade de um quadro legislativo robusto que integre os poluentes biológicos com outros elementos da poluição atmosférica, permitindo uma melhor gestão das doenças alérgicas, reduzindo custos e melhorando a qualidade de vida dos doentes afetados.

Palavras-chave: aerobiologia; aeropalinologia; qualidade do ar; pólen; polinose; alergia.

Abstract

Aerobiology, the discipline that analyses the dynamics of bioaerosols, such as pollen grains, spores and microorganisms in the air, plays a fundamental role in the prevention of allergic diseases, anticipating the onset of symptoms in sensitised individuals. This paper examines airborne pollen concentrations of the major pollen types in three cities in the Region of Murcia: Cartagena, Murcia and Lorca. Samples were collected with a Hirst-type sampler and analysed under an optical microscope using standardised aerobiological methodology, validated at European level. The results show a significant increase in the annual pollen indexes of the main pollen types in 2023, compared to the average of the period 2010-2022. Despite geographical proximity, there is variability in the predominant taxa between cities, highlighting the importance of robust aerobiological monitoring networks, as well as the need for a robust legislative framework that integrates biological pollutants with other elements of air pollution, enabling better management of allergic diseases, reducing costs and improving the quality of life of affected patients.

Keywords: aerobiology; aeropalynology; air quality; pollen; pollinosis; allergy.

INTRODUCCIÓN

Aunque la Ley 34/2007, de calidad del aire y protección de la atmósfera, define la contaminación atmosférica como la presencia en la atmósfera de materias, sustancias o formas de energía que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la seguridad o la salud de las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza¹, la misma norma, en su artículo 2.2 excluye de su ámbito de aplicación, entre otros, a los contaminantes biológicos, indicando que se regirán por una normativa específica, que no se ha desarrollado. Esto excluye a los contaminantes biológicos de las redes de monitoreo de la calidad del aire, ya que ninguna de las normas de desarrollo de la ley los considera (Reales Decretos 102/2011², 39/2017³ y 34/2023⁴). Las normativas se centran en la medición de ciertos gases contaminantes y en la caracterización de la materia particulada, tanto en suspensión (PM10 y PM2,5) como en los depósitos.

Edmonds definió en el año 1979 la aerobiología como *“El estudio de los granos de polen y los microorganismos presentes en el aire, sus fuentes, liberación, dispersión y deposición; su impacto sobre otros sistemas de vida y el efecto de las condiciones ambientales en todos estos procesos”*⁵. El grano de polen y las esporas de los hongos forman parte del sistema de reproducción de las plantas y los hongos, respectivamente. El grano de polen es la estructura que contiene en su interior el gametofito masculino de las plantas con semillas, que por distintas vías, tiene que llegar desde la antera, en la que se forma, hasta el pistilo⁶. En el caso de los tipos polínicos que estudiamos, el medio de transporte es el aire, es decir, son plantas anemófilas. Uno de los postulados que Thommen estableció en 1931 para considerar a un tipo

de polen como alergénico incluye, además de una alta producción de polen, que los granos tengan un tamaño que facilite su dispersión en el aire, provengan de plantas con una amplia distribución y abundancia y que puedan entrar en contacto con personas sensibles, provocando la polinosis⁷. Los alérgenos que produce el grano de polen son glicoproteínas y lipoproteínas hidrosolubles que se expresan y liberan durante el proceso de germinación-fecundación⁸. Muchas partículas de origen biológico presentes en el aerosol pueden causar enfermedades e infecciones, como la gripe, la tuberculosis o la COVID-19, así como alergias^{9,10}. En el caso concreto de los granos de polen y las esporas de los hongos, pueden provocar polinosis y asma alérgico¹¹. La polinosis es una reacción de hipersensibilidad de tipo I, mediada por IgE¹². Por otro lado, el asma es una enfermedad que afecta a los pulmones, causando sibilancias, dificultad para respirar, opresión en el pecho y tos durante la noche o temprano por la mañana¹³. Es una de las enfermedades crónicas más comunes en los niños, aunque también puede afectar a los adultos¹⁴.

Los estudios aerobiológicos son esenciales para que los clínicos puedan establecer diagnósticos etiológicos correctos, con una mayor tasa de éxito en la inmunoterapia¹⁵. Además, conocer en cada momento los niveles de polen y esporas permite emprender las medidas preventivas indicadas por los clínicos¹⁶, evitando o minimizando la aparición de los síntomas, lo que representa la medida preventiva más eficaz. De hecho, la ausencia de síntomas no solo mejora la calidad de vida de los pacientes alérgicos, sino que también reduce considerablemente los gastos farmacéuticos y disminuye el absentismo laboral. Además, en niños y jóvenes, también se reduce la falta de asistencia a la escuela^{17,18}.

La Asociación Europea de Alergia e Inmunología Clínica (EAACI) estima que el 30 % de la población europea sufre alguna enfermedad alérgica, y prevé que este porcentaje podría llegar al 50 %, lo que implica que aproximadamente 150 millones de personas en Europa padecen alguna enfermedad alérgica¹⁹. Además, señala que el 45 % de los pacientes alérgicos en la Unión Europea podrían estar mal diagnosticados. Actualmente, 100 millones de europeos sufren rinitis alérgica y 70 millones padecen asma¹⁹. Según el informe Alergológica 2015, de la Sociedad Española de Alergia e Inmunología Clínica, los alérgenos más relevantes responsables de rinoconjuntivitis son los procedentes de los granos de polen, seguidos de los alérgenos procedentes de ácaros, epitelios y esporas de hongos y, con menor importancia, los procedentes de los alimentos, las cucarachas y las exposiciones ocupacionales²⁰. En cuanto al asma alérgico, en el mismo informe se señala que el 65,5 % de los enfermos dieron positivo a las pruebas realizadas con granos de polen, el 46,5 % a los ácaros, el 21,3 % a los epitelios y el 10,1 % a las esporas de hongos²¹. Con relación a la prevalencia por Comunidades Autónomas, hay una gran diversidad, desde el 96,3 % de sensibilizaciones a granos de polen en Castilla-La Mancha, con valores similares para Extremadura, Madrid, Castilla y León y Aragón, hasta el valor más bajo detectado en Canarias²⁰.

Si nos centramos en la polinosis, es una enfermedad que disminuye la calidad de vida del enfermo que la padece, además disminuye su productividad, ya que afecta de un modo importante a niños y adolescentes, en fases de la vida en la que la merma en la productividad tiene efectos muy negativos en el desarrollo intelectual y la formación²². La empresa Ever Health publicó que para el año 2019 las pérdidas para las empresas por absentismo debido a las enfermedades alérgicas en España, se estimaba en 126,24 millones de euros²³. La EAACI considera que no afrontar adecuadamente el diagnóstico y el tratamiento de estas enfermedades ocasiona unos costes en el rango de los 55 000 a 151 000 millones de euros anuales en Europa¹⁹.

El propio Ministerio de Sanidad en nuestro país, dedica en su web, dentro de las enfermedades no transmisibles, una página a la polinosis, indicando que: *“Los pacientes deben ser informados sobre el comienzo, duración y finalización de aquellos pólenes a los que tienen alergia [...]”*²⁴. También en el Plan Estratégico de Salud y Medio Ambiente, en el punto 6.3. *“Calidad del aire”*, en las líneas de intervención, en el epígrafe dedicado a prevención y protección de la salud, en el punto e, incluye: *“Fomentar sistemas de vigilancia de polen y otros aeroalérgenos atmosféricos”*²⁵. Hasta el momento, a pesar de todas estas referencias de la administración, esto no ha revertido en un mayor interés por consolidar las redes aerobiológicas existentes.

El objetivo de este artículo es poner de manifiesto la importancia de consolidar y mantener las redes de vigilancia aerobiológica, dada su relevancia para la salud humana, mostrando la variabilidad en las concentraciones polínicas de los taxones mayoritarios en tres ciudades con proximidad geográfica, pertenecientes a la Red Aerobiológica de la Región de Murcia: Cartagena, Murcia y Lorca, durante el periodo de 2010 a 2023.

MATERIAL Y MÉTODOS

En este momento, son muchos los puntos de muestreo aerobiológico en todo el mundo²⁶. En España, mayoritariamente se mantienen por el interés personal de los grupos de investigación que trabajan en este campo, con apoyo o no de las Comunidades Autónomas del territorio en cuestión. La Red Aerobiológica de la Región de Murcia abarca tres de las principales ciudades de la Región: Cartagena, una ciudad costera, junto con Lorca y Murcia, ambas ubicadas en el interior. Por ahora, no cuenta con una financiación estable y los organismos que colaboran en este proyecto pueden consultarse en la sección de agradecimientos.

Actualmente, aunque no existe un método automático que pueda sustituir completamente los métodos manuales de monitorización aerobiológica, se están llevando a cabo esfuerzos significativos para automatizar este proceso. Diversos proyectos piloto están en desarrollo, integrando sistemas automáticos en sus programas de monitoreo. Gracias a la iniciativa de los aerobiólogos europeos, los métodos de monitorización aerobiológica han sido estandarizados en la Norma EN 16868:2019²⁷, en España, EN-UNE 16868:2020²⁸. La identificación y recuento de los granos de polen exige una sólida formación para el reconocimiento de las características morfológicas de los diferentes tipos polínicos. Así, los aerobiólogos que están integrados en la Red Española de Aerobiología (rama técnica de la Asociación Española de Aerobiología), realizan ejercicios de intercomparación²⁹ como garantía de calidad en los recuentos³⁰.

Las muestras aerobiológicas se han obtenido mediante un captador volumétrico tipo Hirst. El aire aspirado pasa por un tambor giratorio con una cinta adhesiva de Melinex recubierta de silicona, donde las partículas quedan retenidas. La cinta se corta en segmentos diarios, se monta en un portaobjetos con glicerogelatina y fucsina, y se cubre con un cubreobjetos. Después de reposar, se analiza al microscopio óptico. En este estudio, se leyeron cuatro transectos longitudinales con un objetivo de inmersión de 50x, cubriendo más del 10 % del área de muestreo.

Para estudiar la variabilidad polínica de los taxones mayoritarios presentes en la Región de Murcia se ha

calculado el Índice Polínico Anual (IPA) para el periodo comprendido entre 2010 y 2023, que se corresponde con la suma anual de las concentraciones diarias de polen expresado en granos de polen/m³³¹.

Por comparación con la palinoteca de referencia, en la Región de Murcia se han identificado 63 tipos polínicos diferentes que son registrados en la base de datos, los granos de polen muy dañados se incluyen como no identificados. De modo arbitrario, se han clasificado los tipos polínicos de la Región de Murcia como mayoritarios cuando su IPA es igual o superior a 100 granos de polen/m³ y minoritarios cuando su IPA es mayor de 25 granos de polen/m³ y menor de 99 granos de polen/m³. Los datos de las precipitaciones (en milímetros) se han obtenido de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Para cada estación de muestreo aerobiológico, se utilizaron los registros de lluvia de la estación meteorológica más cercana a su ubicación.

RESULTADOS

Cartagena, Lorca y Murcia están situadas en un radio de 35 km. La distancia entre Murcia y Cartagena es de 45 km, menor que los 60 km que separan a Lorca de Murcia, ambas ciudades de interior. A pesar de la relativa proximidad entre estas localidades, se observan diferencias en los tipos polínicos predominantes y en sus respectivos Índices Polínicos Anuales. Estos datos se presentan en la tabla 1 (Cartagena), tabla 2 (Lorca) y tabla 3 (Murcia), ordenados de mayor a menor según los IPA de 2023.

En Cartagena, se observa un notable incremento en el IPA de 2023 en varios de los principales taxones. El aumento más destacado se encuentra en *Quercus*, que muestra un valor de 3 267 granos de polen/m³ en 2023 frente a un promedio de 1 759 granos de polen/m³ en el periodo 2010-2022, lo que representa un incremento de más del 86 %. Algo similar ocurre con *Olea*, cuyo valor en 2023 (5 180 granos de polen/m³) duplica el promedio de años anteriores (2 866 granos de polen/m³), y con *Cupressaceae*, que también presenta un crecimiento considerable al pasar de 3 108 granos de polen/m³ en el periodo anterior a 5 759 granos de polen/m³ en 2023. Sin embargo, algunos tipos polínicos han disminuido en este mismo periodo, como es el caso de *Amaranthaceae* y *Poaceae*, que bajan de 2 478 a 1 442 granos de polen/m³ y de 881 a 379 granos de polen/m³, respectivamente. Este patrón sugiere que, aunque la tendencia general en Cartagena es de incremento en la mayoría de los pólenes, algunos taxones específicos muestran una disminución.

Murcia, por su parte, también refleja un incremento generalizado en el IPA de 2023 en comparación con el promedio de 2010-2022. *Cupressaceae* presenta un valor de 8 744 granos de polen/m³ en 2023, notablemente

superior al promedio de 5 832 granos de polen/m³, lo que implica un aumento significativo. Igualmente, *Platanus* y *Olea* muestran incrementos importantes, pasando de 2 723 y 2 782 granos de polen/m³ respectivamente en el promedio de años anteriores a 5 754 y 5 430 granos de polen/m³ en 2023. En términos generales, Murcia muestra una mayor variabilidad en los incrementos y descensos de diferentes tipos polínicos, lo que podría deberse a factores locales particulares, como la presencia y el manejo de la flora ornamental urbana que está influyendo en las concentraciones de polen en el bioaerosol.

En cuanto a Lorca, la tendencia general en 2023 también es de un incremento en la mayoría de los taxones. *Olea* presenta el mayor aumento, con un IPA de 10 073 granos de polen/m³ en 2023, muy superior al promedio de 5 662 granos de polen/m³. De manera similar, *Artemisia* casi duplica su presencia, pasando de 2 707 granos de polen/m³ en el promedio de años anteriores a 5 149 granos de polen/m³ en 2023. *Quercus* y *Pinaceae* también muestran aumentos importantes, con un crecimiento del 76 % y 56 % respectivamente. Sin embargo, algunos tipos polínicos presentan una tendencia opuesta. Por ejemplo, *Poaceae* disminuye significativamente, pasando de un promedio de 1 435 a 539 granos de polen/m³ en 2023. Este comportamiento, donde ciertos tipos polínicos aumentan mientras que otros disminuyen, puede reflejar cambios específicos en la flora cultivada de la ciudad. En el caso de Lorca, la flora cultivada tiene un papel importante, y estas variaciones podrían estar directamente relacionadas con esos cambios en la vegetación local.

Al comparar las tres ciudades, se observan algunas similitudes en la evolución de los pólenes más importantes, como *Cupressaceae*, *Olea* y *Quercus*, que muestran aumentos significativos en todas las localidades. Sin embargo, también se observan diferencias notables. En Cartagena, por ejemplo, *Quercus* y *Cupressaceae* experimentan incrementos mucho mayores en 2023 en comparación con Murcia y Lorca. Por otro lado, *Platanus* muestra un comportamiento destacado en Murcia y Cartagena, donde su incremento es más marcado que en Lorca, mientras que *Casuarina* es un taxón importante solo en Murcia. En Lorca, los valores de *Olea* y *Artemisia* son significativamente mayores en comparación con Cartagena y Murcia, lo que sugiere una mayor presencia de estos pólenes en el bioaerosol de esta ciudad.

Además de estas diferencias, es interesante destacar que, aunque muchos de los taxones principales han mostrado un incremento general en las tres ciudades, algunos de los taxones menos abundantes presentan una disminución en 2023 en comparación con el promedio de años anteriores. Este es el caso de *Zygophyllum* y *Poaceae*, que han disminuido especialmente en Lorca y Cartagena.

Tabla 1. Índice Polínico Anual de los taxones mayoritarios en el bioaerosol de Cartagena en 2023 y para el promedio de 2010 a 2022

Cartagena	IPA 2023	Promedio IPA 2010-2022	Desviación estándar IPA 2010-2022
Cupressaceae	5759	3108	1415,7
<i>Olea</i>	5180	2866	1469,8
<i>Quercus</i>	3267	1759	901,6
<i>Platanus</i>	2126	1096	613,6
Pinaceae	2104	1254	643,7
Urticaceae	2099	2080	1012,8
Amaranthaceae	1442	2478	708,7
<i>Artemisia</i>	962	547	241,0
<i>Palmae</i>	947	426	180,9
Moraceae	470	246	203,2
Poaceae	379	881	433,3
<i>Zygophyllum</i>	290	394	171,3
<i>Rumex</i>	157	170	116,6
<i>Plantago</i>	133	215	131,3
Total	25315	18570	6026,3

IPA = Índice polínico anual (granos de polen/m³).

Tabla 2. Índice Polínico Anual de los taxones mayoritarios en el bioaerosol de Murcia en 2023 y para el promedio de 2010 a 2022

Murcia	IPA 2023	Promedio IPA 2010-2022	Desviación estándar IPA 2010-2022
Cupressaceae	8744	5832	2944,1
<i>Platanus</i>	5754	2723	1054,8
<i>Olea</i>	5430	2782	1091,2
<i>Casuarina</i>	3732	4934	2329,2
Pinaceae	3070	2203	1568,0
<i>Quercus</i>	3020	1801	836,7
Urticaceae	2004	1915	819,8
Arecaceae	1741	1069	432,1
Amaranthaceae	1722	2129	785,7
Moraceae	1643	670	383,4
<i>Artemisia</i>	1264	797	458,6
Poaceae	501	970	362,8
<i>Zygophyllum</i>	283	333	94,0
<i>Populus</i>	148	82	29,7
Theligonaceae	145	40	26,0
Total	39201	1885	11643,6

IPA = Índice polínico anual (granos de polen/m³).

Tabla 3. Índice Polínico Anual de los taxones mayoritarios en el bioaerosol de Lorca en 2023 y para el promedio de 2010 a 2022

Lorca	IPA 2023	Promedio IPA 2010-2022	Desviación estándar IPA 2010-2022
<i>Olea</i>	10073	5662	2505,1
Cupressaceae	7145	5713	3539,8
<i>Artemisia</i>	5149	2707	1708,9
<i>Quercus</i>	4203	2391	1382,7
Pinaceae	3596	2301	1453,8
Amaranthaceae	2635	3146	1390,3
Urticaceae	926	1115	544,0
<i>Platanus</i>	573	627	422,3
Poaceae	539	1435	699,2
Moraceae	443	305	251,7
<i>Zygophyllum</i>	242	446	196,6
<i>Palmae</i>	242	137	66,2
<i>Plantago</i>	126	259	136,9
Myrtaceae	109	163	75,4
Brassicaceae	89	168	103,2
Total	36090	1772	12013,9

IPA = Índice polínico anual (granos de polen/m³).

Tabla 4. Precipitación acumulada anual (mm) desde 2010 a 2023 en Cartagena, Murcia y Lorca, junto con el promedio de las precipitaciones para el periodo 2010-2022

Año	Cartagena	Murcia	Lorca
2010	328,5	458,2	303,8
2011	193,2	224,3	194,7
2012	161,3	265,2	293,8
2013	169,4	231,3	164,6
2014	171,3	186,5	69,3
2015	242,4	236,5	140,1
2016	249,7	369,5	308,3
2017	97,9	177,9	115,2
2018	199,4	306,2	314,6
2019	406,1	476	125,9
2020	327,9	306,7	190,6
2021	381,3	342,8	N/D
2022	440,4	440,6	366,9
2023	200,8	197,8	228,9
Promedio precipitaciones 2010-2022	259,1	309,4	215,7

N/D = Datos no disponibles.

En términos de la evolución general, se puede deducir que todas las ciudades presentan un aumento en el IPA de 2023 en comparación con el promedio del periodo 2010-2022 (figura 1), ya que sus valores están fuera del rango de variabilidad, lo que indica una mayor concentración de polen en la atmósfera. Sin embargo, cada ciudad muestra variaciones en los tipos polínicos más predominantes y en la magnitud de los incrementos o descensos. La desviación estándar del promedio del IPA para 2010-2022 (tablas 1, 2 y 3), muestra que los valores de 2023 para varios tipos polínicos están fuera del rango de variabilidad del periodo 2010-2022, especialmente para tipos polínicos como *Olea*, *Cupressaceae*, *Quercus*, *Platanus* y *Artemisia*, con un aumento notable en la concentración de polen de estos taxones en 2023.

En la tabla 4 se presentan las precipitaciones anuales acumuladas (mm) de las ciudades de Cartagena, Murcia y Lorca para el periodo 2010-2023, así como el promedio de precipitaciones entre 2010 y 2022. Durante el periodo 2010-2022, las precipitaciones promedio fueron de 259,1 mm en Cartagena, 309,4 mm en Murcia y 215,7 mm en Lorca. En los años recientes (2019-2022), se observan aumentos significativos en las precipitaciones, especialmente en los años 2019 y 2022, cuando en Cartagena y Murcia las precipitaciones superaron los 400 mm mientras que en Lorca se registraron 366,9 mm en 2022, notablemente superiores al promedio

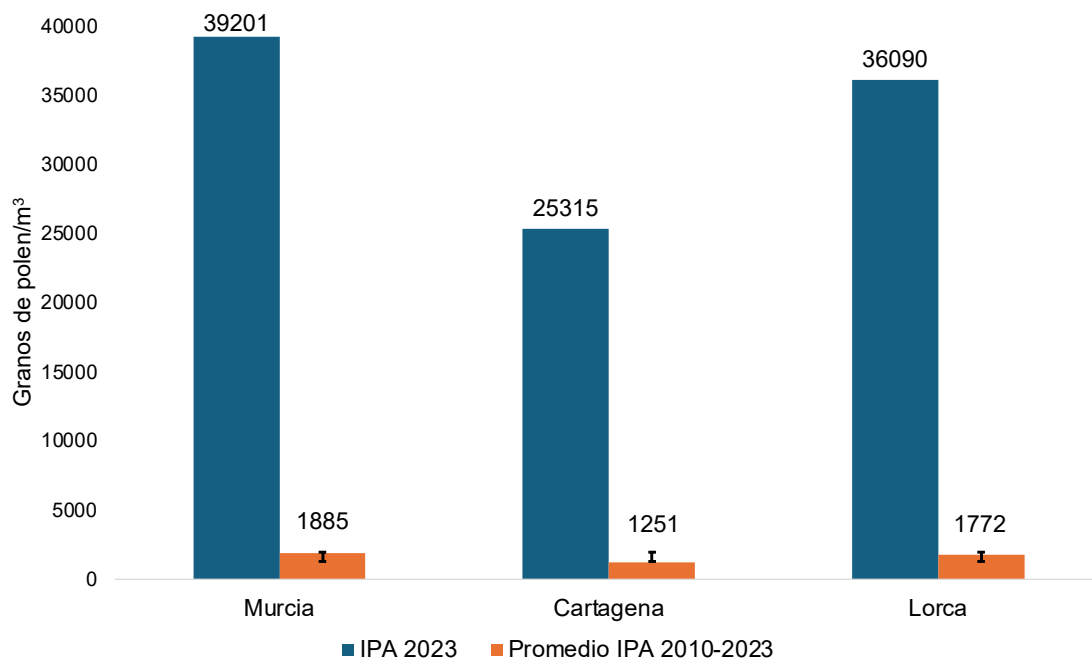
del periodo. Consideramos que estos cambios en las precipitaciones podrían estar relacionados con cambios en las concentraciones polínicas.

DISCUSIÓN

El grupo de investigación de Aerobiología y Toxicología Ambiental al cual pertenecen los autores de este trabajo, centra sus estudios en la identificación y cuantificación de los granos de polen y esporas de hongos presentes en el bioaerosol, por lo que, en sentido estricto, entraría dentro de la aeropalinología, ya que se trata del estudio de los granos de polen y las esporas de los hongos³².

La existencia de extensas bases de datos en los diferentes grupos de trabajo, incluida la Red Aerobiológica de la Región de Murcia, permite desarrollar modelos predictivos que pueden ser calibrados y validados correctamente. Estos recuentos actuales mejoran las predicciones y facilitan la difusión de información verdaderamente útil para el paciente alérgico³³. Asimismo, estas series temporales también resultan valiosas en otro tipo de estudios, como los relacionados con la adaptación al cambio climático, la relación entre las actividades antropogénicas y la composición del bioaerosol o el transporte de partículas a larga distancia³⁴⁻³⁶.

Figura 1. Índice Polínico Anual de los taxones mayoritarios en el bioaerosol de Murcia, Cartagena y Lorca para 2023 (azul) y el promedio de 2010-2022 (naranja), con barras de error de la desviación estándar



IPA= Índice polínico anual (granos de polen/m³)

Los tipos polínicos que presentan una mayor diferencia en sus concentraciones entre el año 2023 y el promedio del periodo 2010-2022 son *Olea*, Cupressaceae, *Quercus* y *Artemisia*, todos ellos con incrementos positivos en sus IPA. Las diferencias en los tipos polínicos predominantes en las tres ciudades estudiadas responden a los diferentes usos del suelo de cada territorio. Lorca presenta un perfil aerobiológico relacionado con las actividades agrícolas, mientras que Murcia muestra una mayor influencia de especies anemófilas procedentes de jardines y parques, y finalmente, dada su proximidad al mar, Cartagena registra niveles más bajos en la mayoría de los tipos polínicos³⁷. Consideramos que una posible causa de las diferencias en las concentraciones de los tipos polínicos observadas entre el año 2023 y el periodo 2010-2022 son las variaciones en las precipitaciones. La media de las precipitaciones en el periodo considerado (tabla 4) se encuentra por debajo de la isoyeta de 300 mm para las ciudades de Cartagena y Lorca y para la de Murcia en ese orden de magnitud. Sin embargo, las precipitaciones entre los años 2019 a 2022 han sido más altas, consideramos que la mayor disponibilidad de agua es un factor positivo para el incremento de las concentraciones de polen en la Región. Aunque el aumento de las precipitaciones puede provocar bajas concentraciones polínicas a corto plazo, a largo plazo se observa una relación positiva con los niveles de polen³⁸.

En cuanto al tratamiento de los datos, se generan dos tipos de información, la destinada a los clínicos y especialistas, que contiene los valores numéricos, expresados en granos de polen/m³ de aire, y la destinada a la población en general, que se da por valores umbrales, ya que las concentraciones volumétricas de polen que causan respuesta en los individuos sensibles varían en función del tipo polínico y del paciente, por lo que es más útil transformar esta información en valores que indiquen los niveles. Normalmente, se utiliza un sistema de avisos basado en colores: blanco para identificar que se está fuera de la estación correspondiente a este tipo polínico, verde para niveles bajos, amarillo o naranja para niveles medios y rojo para niveles altos. Distintas páginas web informan sobre los datos aerobiológicos, en la Región de Murcia, la web del Colegio Oficial de Farmacéuticos³⁹ ofrece información de Cartagena, Murcia y Lorca con este sistema de colores, que también es utilizado para las predicciones que facilita la Red Palinocam⁴⁰ de la Comunidad de Madrid.

Otro aspecto de gran interés y trascendencia es la información aerobiológica en relación con los viajes. Al igual que nos preocupamos por el clima del lugar de destino antes de emprender un viaje, si somos alérgicos, también debemos conocer la aerobiología del lugar, recabar información sobre los tipos polínicos presentes en ese momento y consultar la conveniencia de llevar nuestra medicación⁴¹. La web polleninformation.eu, gestionada por la Red Europea de Aeroalérgenos,

recibe los datos de España a través de la Red Española de Aerobiología, ofreciendo información sobre los principales alérgenos y su distribución temporal a lo largo de Europa⁴². No obstante, desde nuestra perspectiva, es crucial que esta información esté disponible también a nivel local, ya que la variabilidad espacial y temporal de los alérgenos es considerablemente alta, como se ha podido comprobar en los casos de Cartagena (tabla 1), Murcia (tabla 2) y Lorca (tabla 3).

Según el informe Alergológica 2015, el perfil del paciente alérgico en España es el de una persona que vive mayoritariamente en una zona urbana (62 %) o semiurbana (18 %)⁴³, la paradoja de la mayor prevalencia en las zonas urbanas de los países industrializados⁴⁴. En cuanto a la dedicación, el 33 % son estudiantes y el 40 % se dedican a actividades no contaminantes, además el 90 % tienen un nivel socioeconómico medio⁴⁵.

Respecto a los tipos polínicos más alérgicos, para España, el tipo polínico Poaceae (las gramíneas) ocupa el primer lugar, seguido del polen de olivo y del tipo polínico Cupressaceae²⁰. Sin embargo, hay que resaltar la variabilidad entre unas zonas y otras de España. Así, en la Región de Murcia el tipo polínico que más sensibilizaciones produce es el polen de olivo, seguido del de *Salsola* (Amaranthaceae), mientras que las gramíneas ocupan la tercera posición, y el polen de Cupressaceae la séptima⁴⁶. Los datos del IPA de 2023 en Cartagena (tabla 1), Murcia (tabla 2) y Lorca (tabla 3) confirman que el polen de *Olea* es el más predominante en la Región de Murcia, alineándose con su alta capacidad alérgica en la zona. Respecto a Cupressaceae, aunque ocupa la séptima posición en cuanto a sensibilizaciones, en la región presenta un aumento, especialmente en Cartagena y Murcia, lo que podría explicar su relevancia creciente. Por otro lado, aunque a nivel nacional las gramíneas suelen ser las más alérgicas, en la región su presencia es menor. Esto queda reflejado en los datos del IPA, donde Poaceae no experimenta un aumento significativo en 2023 e incluso muestra un valor más bajo respecto al promedio de 2010-2022. Estos comportamientos reflejan la variabilidad polínica regional (figura 1), siguiendo el patrón de sensibilizaciones descrito en el área.

Un sistema de sanidad preventivo debe contar con el control aerobiológico de la atmósfera que complementa al abordaje terapéutico de la polinosis, el cual está fundamentado en la evitación de la exposición, el tratamiento sintomático y la inmunoterapia específica¹⁵. Completando así la recomendación del Ministerio de Sanidad a la que aludíamos en el apartado de introducción: "Los pacientes deben ser informados sobre el comienzo, duración y finalización de aquellos pólenes a los que tienen alergia, para que de esa manera sepan cuando deben de iniciar y finalizar las medidas de evitación y tratamiento medicamentoso"²⁴. Para evitar la exposición hay que conocer qué hay en cada momento, es decir,

hay que contar con las redes de vigilancia aerobiológica, con ello, como se ha indicado, se mejora la calidad de vida de los enfermos alérgicos, se realizan diagnósticos más precisos y los tratamientos son más eficaces y orientados⁴⁷.

La vigilancia aerobiológica se proyecta hacia tres nuevas dimensiones: la digital, la ecológica y la de salud pública. La dimensión digital implica implementar sistemas de información accesibles en medios digitales, que permitan la consulta de datos en tiempo real. Las largas series temporales que se generan facilitan el desarrollo de modelos predictivos, lo que hace posible constituir redes de alerta para emitir predicciones tanto a corto como a largo plazo³³. La dimensión ecológica se enfoca en los impactos del medio ambiente sobre la biodiversidad y los ecosistemas. La contaminación atmosférica y los cambios en el clima afectan a la producción y distribución de los aeroalérgenos. En un escenario de cambio climático, el aumento en los niveles de CO₂ en la atmósfera intensifica la productividad de las plantas, lo que resulta en una mayor producción de polen. Este cambio también altera los ciclos estacionales, prolongando los periodos de polinización y modificando la distribución de especies vegetales^{35,48,49}. Además, muchos de los aeroalérgenos que generan las plantas son proteínas de defensa que responden a factores ambientales como la contaminación, amplificando el impacto en los ecosistemas naturales. La dimensión de salud pública aborda el impacto directo que estos factores ecológicos tienen sobre la salud humana, especialmente en el contexto de enfermedades alérgicas y respiratorias. Los efectos ambientales en la salud están directamente relacionados con procesos de estrés oxidativo, cambios epigenéticos y alteraciones en el microbioma, sobre los que juega un papel fundamental la contaminación atmosférica⁵⁰. La vigilancia aerobiológica facilita la identificación y previsión de estos episodios críticos, permitiendo una respuesta más oportuna en términos de prevención y alertas, que resulta esencial para proteger la salud pública.

CONCLUSIONES

La salud humana y el medio ambiente están íntimamente conectados. Los granos de polen y las esporas de hongos, aunque esenciales para el ciclo natural de la vida en la Tierra, al formar parte del bioaerosol, juegan un doble papel. Por un lado, cumplen funciones biológicas cruciales, como la polinización, pero por otro, generan repercusiones negativas en la salud humana, siendo responsables de alergias y otras afecciones respiratorias que tienen un elevado coste social y económico.

En este contexto, la vigilancia aerobiológica cobra una importancia vital, ya que permite monitorear y

prever la presencia de estas partículas en el aire, con el fin de reducir sus impactos adversos. No obstante, no puede ser considerada un aspecto secundario, sino que requiere un sólido desarrollo legislativo que garantice la consolidación de redes de monitoreo a nivel nacional y local, permitiendo detectar la variabilidad regional del comportamiento polínico e identificando los factores locales que influyen en la distribución y predominancia de los diferentes taxones en el bioaerosol. Este marco regulador es esencial para que la información obtenida a través de estas redes esté disponible tanto para los profesionales sanitarios, quienes pueden optimizar sus tratamientos basados en datos más precisos, como para la población en general, que podrá tomar medidas preventivas adecuadas.

AGRADECIMIENTOS

Francisco Aznar agradece al «Programa Investigo» financiado por la Unión Europea- Next Generation EU y a la Universidad Politécnica de Cartagena y la cofinanciación del Banco Santander por el programa de becas de iniciación a la actividad investigadora. Los autores desean expresar su agradecimiento a Paula García López, técnico de REAREMUR, financiado por la Agencia Estatal de Investigación, Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (PTA2017-13571-I) y al Ayuntamiento de Murcia (2021/036/000049). Los autores agradecen al Colegio Oficial de Farmacéuticos de la Región de Murcia (COFRM) su apoyo al proyecto y a los Servicios de Alergología e Inmunología Clínica de los Hospitales Reina Sofía y Rafael Méndez por la toma de muestra en Murcia y Lorca.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. BOE nº 275, de 16 de noviembre.
2. Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. BOE nº 25, de 29 de enero.
3. Real Decreto 39/2017, de 27 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. BOE nº 24, de 28 de enero.
4. Real Decreto 34/2023, de 24 de enero, por el que se modifican el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire; el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación, aprobado mediante el Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre; y el Real Decreto 208/2022, de 22 de marzo, sobre las garantías financieras en materia de residuos. BOE nº 21, de 25 de enero.
5. Edmonds R. Aerobiology: The ecological systems approach. Pennsylvania, Doven: Hutchinson and Ross; 1979.
6. Belmonte J, Roure J. Introducción. En: Valero-Santiago AL, Cadahía-García A, editores. Polinosis: Polen y Alergia. Barcelona: MRA ediciones: Laboratorios Menarini; 2002. p. 7-16.

7. Thommen A, Hayfever. En: Coca AF, Walzer M, Thommen AA, editores. *Asthma and hayfever in theory and practice*. Springfield: CC Thomas. 1931. pp. 487-528.
8. Andersson K, Lidholm J. Characteristics and Immunobiology of Grass Pollen Allergens. *Int Arch Allergy Immunol*. 2003; 130(2):87-107.
9. Joubert IA, Geppert M, Johnson L, et al. Mechanisms of Particles in Sensitization, Effector Function and Therapy of Allergic Disease. *Front Immunol*. 2020; 11:1334.
10. Ehsanifar M. Airborne aerosols particles and COVID-19 transition. *Environ Res*. 2021; 200:111752.
11. D'Amato G, Cecchi L, Bonini S, et al. Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy*. 2007; 62(9):976-90.
12. Wise SK, Lin SY, Toskala E. International consensus statement on allergy and rhinology: allergic rhinitis—executive summary. *Int Forum Allergy Rhinol*. 2018; 8(2):85-107.
13. Holgate S, Canonica G, Baena-Cagnani C, et al. Asthma. En: Pawankar R, Holgate ST, Walter-Canonica G et al., editores. *White Book on Allergy*. Milwaukee, Wisconsin, US. 2013. pp. 34-8.
14. Maio S, Cerrai S, Marzia S, et al. Environmental risk factors: indoor and outdoor pollution. En: Pawankar R, Holgate ST, Walter-Canonica G et al., editores. *White Book on Allergy*. Milwaukee, Wisconsin, US. 2013. pp. 91-8.
15. Bastl K, Bastl M, Bergmann KC, et al. How to do a clinical trial? Recommendations from the aerobiological point of view. *World Allergy Organ J*. 2019; 12(4):100020.
16. Valero A, Picado-Vallés C. Polinosis. En: Valero-Santiago AL, Cadahía-García A, editores. *Polinosis: Polen y Alergia*. Barcelona: MRA ediciones: Laboratorios Menarini. 2002. pp. 17-21.
17. Reed SD, Lee TA, McCrory DC. The Economic Burden of Allergic Rhinitis: A Critical Evaluation of the Literature. *PharmacoEconomics*. 2004; 22(6):345-61.
18. Blaiss MS. Allergic rhinitis: Direct and indirect costs. *Allergy Asthma Proc*. 2010; 31(5):375-80.
19. The European Academy of Allergy and Clinical Immunology (EAACI). Tackling the Allergy Crisis in Europe - Concerted Policy Action Needed [citado el 10 de octubre de 2024] Disponible en: https://eaaci.org/wp-content/uploads/2024/02/EAACI_Advocacy_Manifesto.pdf.
20. Dordal M. Rinoconjuntivitis. En: *Alergológica*, 2015 (SEAIC). España. 2015. pp. 122-143.
21. Romero J. Asma bronquial. En: *Alergológica*, 2015 (SEAIC). España. 2015. pp. 144-65.
22. Gereda J, Giacco S, Potter P, et al. The cost-effectiveness of consultin an allergist. En: Pawankar R, Holgate ST, Walter-Canonica G et al., editores. *White Book on Allergy*. Milwaukee, Wisconsin, US. 2013. pp. 159-64.
23. Observatorio de Recursos Humanos. Las alergias primaverales ocasionarán una pérdida de 6 millones de horas de trabajo. [actualizado en 2019; citado 11 de octubre de 2024] Disponible en: <https://www.observatoriorh.com/orh/las-alergias-primaverales-ocasionaran-una-perdida-de-6-millones-de-horas-de-trabajo.html>.
24. Ministerio de Sanidad. Enfermedades no transmisibles. Alergias. [citado 11 de octubre de 2024] Disponible en: <https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/enfLesiones/enfNoTransmisibles/alerias.htm>.
25. Ministerio de Sanidad, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Plan estratégico de salud y medio ambiente 2022-2026. Madrid: Gobierno de España. [citado el 10 de octubre de 2024] Disponible en: https://www.sanidad.gob.es/areas/sanidadAmbiental/pesma/docs/241121_PESMA.pdf.
26. Buters JTM, Antunes C, Galveias A, et al. Pollen and spore monitoring in the world. *Clin Transl Allergy*. 2018;8(9):1-5.
27. EN 16868. Ambient air - Sampling and analysis of airborne pollen grains and fungal spores for networks related to allergy - Volumetric Hirst method. Brussels: European Committee for Standardization; 2019.
28. UNE-EN 16868:2020. Aire ambiente. Muestreo y análisis de granos de polen y esporas de hongos transportados por el aire para las redes relacionadas con la alergia. Método volumétrico de Hirst. Madrid: AENOR; 2020.
29. Oteros J, Galán C, Alcázar P, et al. Quality control in bio-monitoring networks, Spanish Aerobiology Network. *Sci. Total Environ*. 2013; 443:559-65.
30. Galán C, Cariñanos P, Alcázar P, et al. Manual de calidad y gestión de la Red Española de Aerobiología, REA. Univ Córdoba. 2007; 24:1-39.
31. Galán C, Ariatti A, Bonini M, et al. Recommended terminology for aerobiological studies. *Aerobiologia*. 2017; 33(3):293-5.
32. Punt W, Hoen PP, Blackmore S, et al. Glossary of pollen and spore terminology. *Rev Palaeobot Palynol*. 2007; 143(1-2):1-81.
33. Scheifinger H, Belmonte J, Buters J, et al. Monitoring, Modelling and Forecasting of the Pollen Season. En: Sofiev M, Bergmann KC, editores. *Allergenic Pollen*. Dordrecht: Springer Netherlands. 2013 pp. 71-126.
34. García-Mozo H. The use of aerobiological data on agronomical studies. *Ann Agric Env Med*. 2011; 18:1-6.
35. Fernández-Llamazares Á, Belmonte J, Boada M, et al. Airborne pollen records and their potential applications to the conservation of biodiversity. *Aerobiologia*. 2014; 30(2):111-22.
36. Izquierdo R, Belmonte J, Avila A, et al. Source areas and long-range transport of pollen from continental land to Tenerife (Canary Islands). *Int J Biometeorol*. 2011; 55(1):67-85.
37. Elvira-Rendueles B, Moreno JM, Costa I, et al. Pollen calendars of Cartagena, Lorca, and Murcia (Region of Murcia), southeastern Iberian Peninsula: 2010–2017. *Aerobiologia*. 2019; 35(3):477-96.
38. Schramm PJ, Brown CL, Saha S, et al. A systematic review of the effects of temperature and precipitation on pollen concentrations and season timing, and implications for human health. *Int J Biometeorol*. 2021; 65(10):1615-28.
39. Colegio Oficial de Farmacéuticos. Aerobiología. Región de Murcia. [citado 15 de octubre de 2024] Disponible en: <https://web.cofrm.com/aerobiologia/>.
40. Red Palinológica de la Comunidad de Madrid (Palinocam). Polen y Salud: vigilancia e información. [citado 15 de octubre de 2024] Disponible en: <https://www.comunidad.madrid/servicios/salud/polen>.

41. Moreno-Grau S. De alérgenos aerovagantes: La Red Aerobiológica de la Región de Murcia (REAREMUR). En: Academia de Ciencias Veterinarias de la Región de Murcia. Murcia, España; 2015.
42. Pollen Information. European Aeroallergen Network. [citado 15 de octubre de 2024] Disponible en: <https://www.polleninformation.eu/spain/>.
43. Jaén M. Hipersensibilidad a medicamentos. En: *Alergológica*, 2015 (SEAC). España. 2015. pp. 230-47.
44. Makra L, Sánta T, Matyasovszky I, et al. Airborne pollen in three European cities: Detection of atmospheric circulation pathways by applying three-dimensional clustering of backward trajectories. *J Geophys Res Atmospheres*. 2010;115(D24).
45. Domínguez J, Ojeda P, Ribera J. Características generales de la muestra: descripción sociodemográfica y sanitaria de la población de estudio. En: *Alergológica*, 2015 (SEAC). España. 2015. pp. 98-121.
46. Elvira-Rendueles B, Zapata JJ, Miralles JC, et al. Aerobiological importance and allergic sensitization to Amaranthaceae under arid climate conditions. *Sci Total Environ*. 2017; 583:478-86.
47. Moreno-Grau S, Elvira-Rendueles B, García-Moreno S, et al. Información aerobiológica desde la farmacia comunitaria. La red aerobiológica de la región de Murcia. *Rev Esp Cienc Farm*. 2020; 1(1):85-97.
48. Eguiluz-Gracia I, Mathioudakis AG, Bartel S, et al. The need for clean air: The way air pollution and climate change affect allergic rhinitis and asthma. *Allergy*. 2020; 75(9):2170-84.
49. Barnes CS. Impact of Climate Change on Pollen and Respiratory Disease. *Curr Allergy Asthma Rep*. 2018; 18(11):59.
50. Álvarez IA, Martínez JM, María B, et al. Influencia de los contaminantes atmosféricos sobre la salud. *Rev Médica Electrónica*. 2017; 39(5):1160-70.