

Aerobiología y salud

Aerobiology and Health

Aerobiologia e Saúde

AEROBIOLOGÍA

El término "Aerobiología" fue utilizado por primera vez por F. C. Meier, para describir esencialmente la bacterias aéreas¹; el concepto se fue ampliando posteriormente y en 1973 Edmonds & Benninghoff definieron la Aerobiología como la Ecología de la atmósfera², lo que significa que su objetivo se dirige al estudio de toda la diversidad de partículas biológicas aerovagantes e incluye además los procesos de liberación, emisión, dispersión, deposición e impacto de las mismas. Las partículas presentes en el aire son muy diversas en cuanto a origen y tamaño; podemos encontrar virus, bacterias, polen, esporas, fragmentos de plantas, pelos y escamas de animales, algas, semillas diminutas e insectos. También se consideran metabolitos como micotoxinas, ácaros y material fecal, proteínas urinarias de animales de laboratorio y animales de granja, partículas orgánicas de procesos industriales, que pueden estar presentes en ambientes de interior y en exteriores. Actualmente, por tanto, la investigación en Aerobiología consiste en averiguar cómo, por qué y cuándo una partícula biológica se emite a la atmósfera, el modo en que se dispersa y cuáles son los impactos que produce en el medio, desde su liberación hasta su deposición.

En el presente siglo XXI, las investigaciones en Aerobiología son por tanto muy diversas en objetivos y metodología, y se han desarrollado nuevas líneas de trabajo como la aeropalinología, aeromicología, aerobacteriología, biometeorología, biodeterioro, agronomía, fenología, polen y cambio climático, estudio de aeroalergenos por inmunoensayo (EIA, ELISA), genómica, metagenómica, etc.

AEROPALINOLOGÍA

La parte dedicada al estudio del polen atmosférico es la Aeropalinología. Los granos de polen solo representan una pequeña fracción de la cantidad total de las partículas biológicas presentes en el aire, sin embargo algunos tipos de polen son los aeroalergenos más importantes en la

atmósfera exterior o "aire ambiente". La función biológica de los granos de polen es la de transportar los gametos masculinos desde las anteras de los estambres, donde se producen, hasta el estigma de gineceo o el micrópilo del primordio seminal, según se trate de Angiospermas o Gimnospermas. Con la finalidad de garantizar la supervivencia del gametofito masculino que porta en su interior, los granos de polen están provistos de una cubierta, llamada esporodermis, extraordinariamente resistente a la destrucción. La morfología que le confiere esta cubierta es tan característica que, por lo general, nos va a permitir identificar las plantas que lo han producido y liberado a la atmósfera. Los principales caracteres morfológicos que permiten identificar los granos de polen son la polaridad, simetría, forma, tamaño, sistema apertural (número, posición y forma de las aperturas), estructura y escultura de la esporodermis³.

El polen del aire ambiente, ha sido objeto de interés científico desde hace muchos años. Uno de los principales motivos es que el polen puede desencadenar reacciones alérgicas, descritas inicialmente como "fiebre del heno", que hoy en día tienen importantes repercusiones sanitarias y económicas.

El polen, que está en la atmósfera para cumplir una función reproductora básica en el mundo vegetal, es uno de los desencadenantes exógenos más importantes de procesos alérgicos de diferente gravedad entre la población sensible, llegando en determinados casos a producir crisis asmáticas, por lo que el conocimiento de los niveles de concentración de polen en la atmósfera y su evolución estacional (calendario polínico) es de gran importancia desde el punto de vista de salud ambiental⁴.

El polen que llega a la atmósfera procede principalmente de plantas de polinización anemófila. La cantidad de polen presente en el aire depende de la composición, la fenología de la floración y la producción polínica de la vegetación local, origen de la emisión del mismo, de características propias de los granos de polen que determinan su capacidad para permanecer

suspendidos (tamaño, peso, forma) y además, de la dinámica atmosférica y de los factores meteorológicos, que condicionan el transporte y permanencia del polen y por tanto de sus niveles de inmisión o concentración en un momento y lugar determinado.

La evidente relación entre la carga alérgica del aire que respiramos y los episodios alérgicos⁵, determina que, desde el punto de vista de la salud pública, interese conocer la concentración atmosférica de polen y su evolución estacional, como indicativos del riesgo de exposición de la población lo que ha determinado un gran incremento de la demanda de información aerobiológica, por parte de la población afectada y de los profesionales sanitarios implicados en su diagnóstico y tratamiento. La atención a esta demanda está en el origen de las redes aerobiológicas, que desde los años 80 del pasado siglo se han desarrollado principalmente en Europa y que diariamente analizan el polen atmosférico en las principales ciudades del continente. Las aproximadamente 400 estaciones aerobiológicas que actualmente funcionan en Europa están organizadas en redes de ámbito regional, nacional e internacional.

España es, en este momento, uno de los países europeos con más estaciones de control aerobiológico de polen y esporas de todo el continente. En algunas Comunidades Autónomas (CCAA), las administraciones públicas⁶ (Consejerías de Sanidad, de Medio Ambiente, Educación, etc.) se han implicado en atender esta demanda, promoviendo y financiando el desarrollo de redes de control de alérgenos en sus respectivos territorios, principalmente desde los años 90 del pasado siglo, por lo que varias de ellas cuentan ya con más de 20 años de existencia⁷.

Como consecuencia del control continuo del polen atmosférico, que durante las dos últimas décadas se ha venido realizando por las redes aerobiológicas, tanto en España como en Europa, es posible disponer de series temporales de datos aerobiológicos de 20 o más años, lo suficientemente largas, para poder abordar predicciones, analizar tendencias y evidenciar los posibles impactos del cambio climático en el polen y los alérgenos atmosféricos. Por otro lado, se han superado los estudios a nivel local y se plantean trabajos de análisis de los datos aerobiológicos a mayor escala, nacional o continental.⁸⁻⁹

ÍNDICE POLÍNICO ANUAL

En lo relativo a la producción de polen, muchos estudios se centran en el análisis de la evolución temporal del "índice de polen anual (IPA)" un parámetro de uso general por los aerobiólogos que se define como la suma de las concentraciones medias diarias de polen durante

todo el año. Existe una gran variabilidad en las tendencias del índice de polen anual, aunque generalmente tiende a aumentar en el polen de procedencia arbórea y menos el procedente de las plantas herbáceas. Es importante considerar para valorar estos resultados, la procedencia del polen, de la vegetación natural o de la flora ornamental y el entorno, rural, semirural o urbano.

FENOLOGÍA

La estación polínica o época de presencia atmosférica de un determinado tipo polínico, depende principalmente de la fenología de la floración de las plantas productoras. La fenología de las plantas, el calendario de las sucesivas fases de su ciclo de vida (por ejemplo, inicio del desarrollo vegetativo, floración), es generalmente sensible a la temperatura, y siempre que no haya limitaciones en la disponibilidad de agua suele responder claramente al calentamiento global. Diversos autores han tratado de poner en evidencia cambios temporales en el transcurso de la estación polínica, analizando las series de datos aerobiológicos disponibles y observando, con distinto grado de significación, las respuestas de los diferentes taxones a las situaciones particulares de cada área de estudio. Para describir la estación polínica se utilizan generalmente, las fechas de inicio y final, la concentración máxima diaria alcanzada y el día que se produce (día pico) del periodo de polinización principal (PPP), que puede calcularse con diferentes criterios, lo que puede influir en los resultados obtenidos¹⁰.

Cada especie tiene su específico periodo de floración y polinización, el cual depende de la climatología, a su vez condicionada por la latitud y altitud, y de las condiciones meteorológicas en los distintos periodos de floración. Es importante conocer la diversidad de tipos de polen presentes en el aire y la época de polinización de las plantas productoras.

REDES AEROBIOLÓGICAS

Con carácter general, el muestreo aerobiológico de rutina en las redes aerobiológicas, se realiza con captadores volumétricos de impacto tipo Hirst, que recogen una muestra diaria del contenido polínico del aire que respiramos. Estos aparatos succionan un volumen de aire de 10 litros por minuto (equivalente a la respiración media de un adulto). El muestreo se hace de modo ininterrumpido durante todo el año, por lo que podemos conocer qué tipos de polen están presentes en cada época del año y en qué concentración. Éste es el sistema adoptado por la Asociación Internacional de Aerobiología (AIA) y la Red Española de Aerobiología (REA)¹¹⁻¹².

SALUD

De una forma conservadora, 300 millones de personas padecen asma en el mundo, y teniendo en cuenta la previsión de crecimiento y el mayor grado de urbanización, se espera que en el 2025 otros 100 millones sufran esta enfermedad. Esta frecuencia muestra una gran variabilidad geográfica y temporal, donde después de décadas de fuerte incremento parece que tiende a estabilizarse. Las causas que determinan esta variabilidad permanecen sin esclarecer, pero sin duda el componente aerobiológico puede tener una gran relevancia¹³.

Las dos principales afecciones alérgicas asociadas con la exposición a polen y esporas de hongos, son la rinitis alérgica y el asma, que suponen un importante problema de salud, con un gran coste económico. Según datos publicados por la American Academy of Allergy Asthma & Immunology (AAAAI), en su web, en los Estados Unidos, la rinitis alérgica afecta a un porcentaje comprendido entre el 10 % y el 30 % de los adultos y hasta el 40 % de los niños. En Europa, según el recientemente publicado informe ARIA (2008)¹⁴, las cifras de prevalencia de la rinitis alérgica, oscilan entre el 17 % de Italia y el 28,5 % de Bélgica, con valores medios aproximados del 25 %.

En general, los estudios epidemiológicos revelan un fuerte incremento de las afecciones respiratorias causadas por aeroalergenos en las últimas décadas del siglo XX. Sin embargo, en algunos países, como Estados Unidos, parece que las cifras se han estabilizado en los últimos años o incluso, como evidencia Alergológica-2005¹⁵, el porcentaje de asmáticos en España ha descendido, respecto al estudio anterior.

En el este número de la Revista de Salud Ambiental se presentan algunas investigaciones y experiencias en el campo de la Aerobiología, de claro interés en el ámbito de la salud ambiental. Parece relevante señalar que la importancia de las redes de vigilancia radica, sobre todo, en su función de apoyo a las estrategias de la salud pública como puede ser la prevención y el control del asma, pero también de información al paciente alérgico. Hay que subrayar, además, que los datos que se obtienen en las redes, se tienen que sustentar en la calidad de los métodos de muestreo y análisis, así como en la buena gestión de los mismos.

La REVISTA DE SALUD AMBIENTAL presenta en este número varios artículos originales en el campo de la aerobiología.

En los **Estudios encaminados a mejorar la forma de hacer llegar la información a pacientes y sectores asistenciales, sobre los riesgos ambientales debidos**

a los aeroalergenos se presentan los resultados de la aplicación de un novedoso índice que estima la alergenicidad potencial de las zonas verdes urbanas. Este índice, que contempla parámetros biológicos y biométricos intrínsecos a las especies arbóreas existentes en los parques, genera un resultado cuyo valor está comprendido entre 0 y 1 según el potencial alergénico del parque sea nulo o de riesgo alto para la población. Se analizaron parques ubicados en 20 ciudades españolas. El desarrollo de un índice de estimación de alergenicidad de espacios verdes urbanos constituye una herramienta de utilidad para minimizar el impacto de la alergia polínica en la población.

En el artículo titulado **Importancia de los recuentos polínicos en el aire, un ejemplo**, se presentan datos polínicos inéditos obtenidos durante un año con el muestreo del aire de Sanlúcar de Barrameda con un captador tipo Hirst. Los resultados se estructuran en forma de calendario polínico de interpretación sencilla por el profesional sanitario. Este artículo también pretende ser un pequeño recordatorio a aquellos médicos precursores que comenzaron sus estudios en dicha localidad. En este sentido, se comentan los datos obtenidos en 1941 y se relacionan con los recogidos en 2009. Las características climáticas del piso termomediterráneo y la situación geográfica de Sanlúcar, originan un calendario polínico arquetípico de localidades de costa del sur de la península.

Los granos de polen son los portadores del material antigénico responsable de las enfermedades alérgicas. Los alergenios del polen pueden liberarse, salir fuera de los granos de polen y quedar en el aire que respiramos formando parte del aerosol atmosférico. Por ello, si el objetivo es conocer y proporcionar información relacionada con la cantidad de alérgenos del aire ambiente, será necesario estudiar, además del polen, los aeroalergenos liberados a la atmósfera, por lo que en los últimos años se ha venido trabajando en esta línea¹⁶⁻¹⁸, donde puede situarse el artículo **El polen de *Fraxinus* como fuente de contaminación ambiental**. En el Sur de Europa existen pocos estudios sobre la incidencia alérgica del polen de *Fraxinus* debido a su escasa representatividad. En Ourense este tipo polínico representa un 2 % del polen total registrado en la atmósfera. El objetivo de este estudio es evaluar las concentraciones atmosféricas del polen de *Fraxinus* y su alérgeno en la atmósfera de Ourense durante el año 2015, así como su relación con las principales variables meteorológicas. La finalidad es valorar si los recuentos polínicos representan las condiciones reales de exposición de los pacientes sensibles a los alergenios. En el caso de sensibilización al polen fresno y otras oleáceas pueden suponer un riesgo en los periodos previos y posteriores a la aparición de las concentraciones más

elevadas de polen en la atmósfera, como consecuencia de condiciones atmosféricas especiales de lluvia y humedad durante la floración.

En el artículo **La red extremeña de Aerobiología**, se recoge el muestreo y análisis para cada punto de muestreo integrante de la red expresado como Índice Polínico Anual (la suma de las concentraciones de polen diarias para un año) llevado a cabo desde la Universidad de Extremadura. La primera estación aerobiológica fue la de Badajoz en 1993. Dos localidades han tenido muestreo de forma temporal, Cáceres (1996-2001) y Mérida (1996-1998). En la actualidad se cuenta con 3 estaciones de muestreo más, funcionando desde 2011: Plasencia, Don Benito y Zafra y, de forma reciente, nuevamente Cáceres. Desde 2006 los datos están disponibles a través de la página web del grupo de investigación (www.aerouex.es) y el registro de los accesos a dicho sitio muestra una correlación significativa con la concentración de polen. Extremadura se destaca por los altos valores de concentración de polen de *Quercus* y *Poaceae*, debido a la gran extensión de encinares y alcornocales. El polen de fuentes ornamentales, *Cupressaceae* y *Platanus*, muestra una importante dependencia de su abundancia y distribución en las localidades estudiadas.

Por último, el artículo **Análisis por técnicas morfológicas y secuenciación de ADN del polen atmosférico de la Comunidad de Madrid: estudios preliminares**, se encuadra en una línea de investigación que pretende aplicar las nuevas técnicas de genética molecular al estudio del bioaerosol atmosférico. En otoño de 2014 para estudiar en conjunto toda esta biodiversidad en el aire urbano en la Comunidad de Madrid, surge el consorcio pluridisciplinar AIRBIOTA-CM, que integra a cinco grupos de investigación de áreas muy diferentes, que pretenden obtener una visión conjunta sobre la composición y dinámica de las partículas biológicas del aire, optimizando los sistemas de muestreo y análisis. Las propuestas más novedosas de las investigaciones iniciadas por este consorcio, son la utilización de técnicas innovadoras de genética molecular como la secuenciación masiva aplicada en metagenómica ("Next Generation Sequencing", NGS) y el uso de nuevas estrategias de captación, como el empleo de aeronaves no tripuladas, para muestrear a diferentes alturas y en localizaciones geográficas urbanas que *a priori* puedan tener una composición diferente de la biota y tengan una actividad humana relevante.

Los resultados preliminares que se presentan, son prometedores y evidencian que esta nueva metodología constituye una buena aproximación al conocimiento de la diversidad genética de las partículas atmosféricas

y podría, en determinados casos, representar una alternativa al análisis morfológico, aunque se necesitan más estudios comparativos para adaptar bien esta tecnología.

CONCLUSIONES

Todo el trabajo y conocimiento adquirido en este campo, su influencia directa e inmediata en la salud pública y la posibilidad de adoptar medidas de mitigación para disminuir sus efectos adversos en salud deberán ir en la línea de propuestas de investigación e intervención dirigidas a posibilitar estrategias y medidas, tales como:

- Dar garantía de continuidad al funcionamiento de las redes aerobiológicas que generan la información, aunando esfuerzos para que ambas, redes e información aerobiológica formen parte de las actuaciones sanitarias, medioambientales y en las futuras estrategias que se lleven a cabo en esta dirección.
- Desarrollar y aplicar modelos de predicción local, a corto y medio plazo de aeroalergenos y desarrollo de modelos de dispersión y procedencia del polen y las esporas atmosféricas, para establecer sistemas de alerta temprana de riesgos ambientales en salud.
- Ampliar los estudios mediante análisis inmunológico de los alergenios atmosféricos procedentes de polen y esporas como medio para conocer la carga alérgica total del aire ambiente y poder valorar mejor la relación exposición/reacción.
- Desarrollar estudios de epidemiología ambiental sobre las afecciones alérgicas respiratorias inducidas por polen y esporas, que consideren también factores meteorológicos y aeroalergenos, para evaluar las tendencias y la evolución de la prevalencia de las alergias y el asma en la población.
- Desarrollar iniciativas y buenas prácticas saludables para la gestión de los espacios verdes urbanos, considerando la fenología de las plantas productoras de polen alérgico y la importancia del aporte polínico de la flora ornamental a la atmósfera y su impacto en la calidad del aire y en la salud de un porcentaje de la población.

Por último agradecer a todos los autores sus contribuciones a este monográfico, por la calidad y originalidad de los trabajos presentados y por su carácter novedoso: desde los trabajos de aerobiología tradicional hasta los nuevos campos de aplicación con las últimas tecnologías disponibles.

La REVISTA DE SALUD AMBIENTAL, con este número, espera poder contribuir a la divulgación de las investigaciones actuales y proporcionar la información necesaria para debatir sobre la Aerobiología del presente y sobre todo del futuro.

Patricia Cervigón Morales, Montserrat Gutiérrez-Bustillo y Rosa Pérez Badía

Asociación Española de Aerobiología.

BIBLIOGRAFÍA

- Gregory PH. Microbiology of the atmosphere. Aylesbury: Reino Unido. 1973.
- Edmonds RL, Benninhoff WS. Aerobiology and its modern applications. En: US/IPB Aerobiology Report nº 3. Ann Arbor, Michigan: Botany Department, University of Michigan. 1973. pp. 1-18.
- Aránguez Ruiz E, Ordóñez Iriarte JM, Gutiérrez-Bustillo M. La Red Palinológica de la Comunidad de Madrid. En: Gutiérrez Bustillo et ál. (eds.) Polen atmosférico en la Comunidad de Madrid. Documentos Técnicos de Salud Pública nº 70: Madrid: Consejería de Sanidad. 2001. pp.37-48.
- Cervigón P, Gutiérrez-Bustillo AM, Aránguez E, et ál. Red Palinológica de la Comunidad de Madrid: el estudio de polen atmosférico. Schiron. 2005; 4:37-8.
- Galán I, Cervigón P. VI. Epidemiología del asma por polen de gramíneas. En: Quiralte J, Quirce S, editor. Las bases alérgicas del asma. Barcelona: MRA ediciones. 2010.
- Cervigón P. Red Palinocam: Vigilancia en Madrid del polen aerovagante. Rev. salud ambient. 2005; 5(2):131-6.
- Cervigón P. Redes aerobiológicas y su vinculación con las políticas sanitarias: situación actual. Rev. salud ambient. 2015; 15:47-8.
- Ziello C, Sparks T. H, Estrella Z, et ál. Changes to airborne pollen counts across Europe. PLoS ONE 7(4). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0034076.g001>.
- Smith M, Jäger S, Berger U, et ál. Geographic and temporal variations in pollen exposure across Europe. Allergy 69(7): 913-23. DOI: 10.1111/all.12419.
- Gutiérrez-Bustillo, AM, Cervigón Morales P. Polen y cambio climático. Efectos en la salud. CL. En: Cambio Global en España 2020/50. Cambio climático y salud. Madrid: Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental.
- Galán C, González PC, Teno PA, Vilches ED. Spanish Aerobiology Network (REA): management and quality manual. Córdoba: Servicio de Publicaciones, Universidad de Córdoba. 2007.
- Galán C, Smith M, Thibaudon M, et ál. Pollen monitoring: minimum requirements and reproducibility of analysis. Aerobiologia 2014; 30:385-95. doi. 10.1007/s10453-014-9335-5.
- Gutiérrez-Bustillo AM, Pérez R, Cervigón P. Aerobiología: redes de polen y esporas aerovagantes Rev. salud ambient. 2015; 15(2):155-6.
- Bousquet J, et ál. Allergic Rhinitis and its Impacto on Asthma (ARIA) 2008. Allergy 2008; 63 (Supp.86):7-160.
- Quirce, S. Asthma in Alergológica-2005. J. Investig. Allergol. Clin. Immunol. 2009; 19(Suppl. 2): 14-20.
- Linares C, Nieto-Lugilde D, Alba, F, et ál. Detection of airborne allergen (Ole e 1) in relation to Olea europaea pollen in S Spain. Clin. Exp. Allergy. 2011; 37(1): 125-32. D.O.I. 10.1111/j.1365-2222.2006.02620.x
- Rodríguez-Rajo FJ, Jato V, González-Parrado Z, et ál. The combination of airborne pollen and allergen quantification to reliably assess the real pollinosis risk in different bioclimatic areas. Aerobiologia 2011; 27: 1-12.
- Buters J, Prank M, Sofiev M, et ál. Variation of the group 5 grass pollen allergen content of airborne pollen in relation to geographic location and time in season. J. Allergy Clin. Immunol. 2015; 136(1): 87-95.10.1016/j.jaci.2015.01.049.