

Importancia del conocimiento de las esporas atmosféricas en zonas urbanas y su relación con la morbilidad por asma

Belén Elvira Rendueles

Departamento Ingeniería Química y Ambiental. Universidad Politécnica de Cartagena
belen.elvira@upct.es

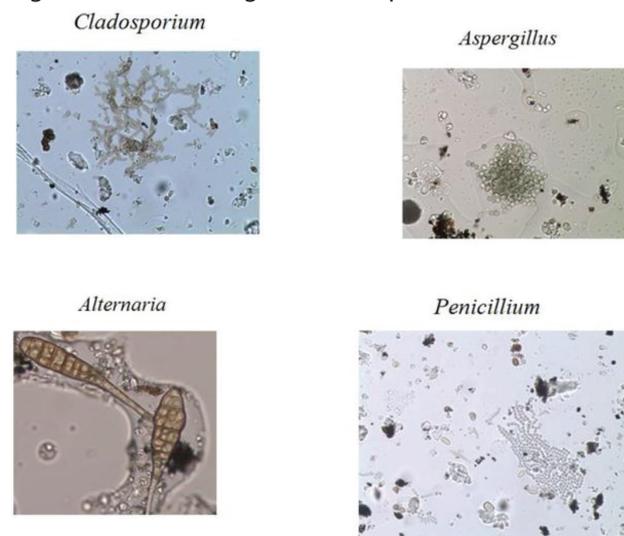
Las esporas atmosféricas constituyen un importante grupo de agentes biológicos que forman parte del bioaerosol atmosférico. El interés por el conocimiento de la composición de los bioaerosoles y de su influencia en la salud pública y ambiental es cada día más evidente. Esto queda patente revisando estudios con un interés emergente en el papel de la exposición ambiental a agentes biológicos (en salud pública y ocupacional), de sectores industriales biotecnológicos o aquellos dedicados al desarrollo de herramientas moleculares que permiten la caracterización de los bioaerosoles de forma más rápida y exacta¹.

La Aerobiología, se ocupa de realizar estudios del contenido atmosférico en granos de polen y esporas de hongos (Palinología), su diversidad y sus concentraciones, que tiene como aplicación principal la repercusión de estas partículas bióticas sobre la salud humana². Los microorganismos fúngicos son seres vivos de organización eucariótica, desprovistos de clorofila, heterótrofos (saprobios o parásitos) unicelulares o más típicamente filamentosos con paredes celulares quitinosas o de otros carbohidratos complejos, que se nutren por absorción, con reproducción sexual y asexual y propagación típica a través de esporas que se producen en diferentes aparatos esporíferos³.

El aire, tanto exterior (extramural o bioaerosol atmosférico) o de interior (intramural o intradomiciliario) contienen esporas fúngicas libres. El número de esporas y el tipo de spora varía con el tiempo, durante el día, humedad, estación, localización geográfica, presencia local de diferentes fuentes de las que emanan esporas y los microhábitats propios de los hongos, de ahí la importancia de su estudio en el muestreo aerobiológico. Los hongos del exterior más comunes relacionados con el asma⁴ son la *Alternaria* y *Cladosporium* y del interior de las viviendas *Aspergillus* y *Penicillium*. El informe alergológico 2005, de la Sociedad de Alergología e Inmunología Clínica de España⁵ indica que el 21,5 % de la población española sufre rinitis alérgica. Los síntomas alérgicos más comunes son la rinoconjuntivitis (55,5 %) seguido del asma (28 %) siendo los aerolágenos (pólenes, ácaros, epitelios de animales y esporas de hongos) la causa principal. En relación al asma alérgico de etiología fúngica⁶ la prevalencia está dominada por *Alternaria alternata* 8,2 %,

Aspergillus spp 1,4 %, *Cladosporium spp* 1,4 %, *Penicillium spp* 0,4 % y otros sin especificar el 0,2 % (figura 1).

Figura 1. Taxones fúngicos de alta prevalencia



Imágenes de microscopía óptica de las esporas pertenecientes a los géneros forma *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Alternaria* y *Penicillium* del aerosol atmosférico de Cartagena

Las esporas, para llegar a ser aerotransportadas, deben ser liberadas de sus fuentes, las esporas hidrofóbicas aerotransportadas, son liberadas y dispersadas por la acción pasiva del viento, este tipo de dispersión se ve favorecida por el tiempo seco, por lo que conidios como *Cladosporium*, *Alternaria*, *Stemphylium*, *Drechslera*, teliosporas de los *Ustilaginales* y *Uredinales*, dominan en este tiempo presentando sus máximas concentraciones después del medio día, al disminuir la humedad relativa y aumentar la velocidad del viento⁷. Por este motivo se denomina a dichas especies⁶ "esporas del aire seco" (figura 2). Aquellas esporas hidrofílicas, liberadas y dispersadas por la lluvia, están favorecidas con tiempo húmedo y se observan abundantemente después de llover y en las horas del día de máximos valores de humedad relativa. Este comportamiento es típico de conidios como *Fusarium* y *Verticillium*, así como de la mayoría de las Ascosporas y Basidiosporas, por lo que se las denomina "esporas típicas del aire húmedo" (figura 3).

Figura 2. Microfotografías de esporas del aire seco



Composición de imágenes de microscopía óptica de preparaciones de Hirst del aerosol de Cartagena. Fondo, campo microscópico X 50 donde se visualizan esporas tipo *Cladosporium*, *Drechslera*, *stempylium*. Extremo inferior derecho *Ustilago*, izquierdo *Alternaria*

Figura 3. Ascosporas hialinas típicas del aire húmedo

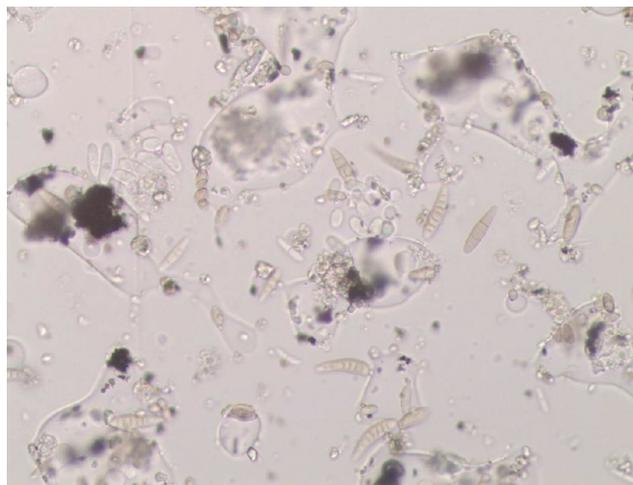


Imagen de microscopía óptica 50x de preparaciones de Hirst del aerosol de Cartagena donde se observan abundantes ascosporas hialinas.

Es importante conocer los factores que influyen en la presencia y concentración de esporas para establecer la relación entre la dispersión de las esporas y las alergias respiratorias producidas por ellas. Hay evidencias de que los actuales cambios climáticos están afectando a los diferentes procesos aerobiológicos (emisión, dispersión, transporte y deposición) de los aeroalergenos⁸. El cambio climático es inequívoco y representa una posible amenaza para los pacientes afectados por afecciones alérgicas. En las últimas tres décadas, los estudios han mostrado cambios en la producción, contenido de polen y esporas, cambios que en ambientes urbanos, pueden haber sido influenciados por contaminantes abióticos presentes en el aire urbano que interactúan con ellos.

El denominado "asma tras tormenta" o "thunderstorm asthma" se caracteriza por brotes asma causados posiblemente por la dispersión de fracciones respirables de partículas alérgicas (denominadas paucimicrónicas) procedentes de polen y esporas fúngicas, tras su ruptura osmótica (figura 4). Aunque la enfermedad alérgica causada por hongos es más infrecuente que al polen, el incremento en los niveles de humedad tras tormentas o inundaciones, potencia la contaminación fúngica del aire exterior-interior. Se ha demostrado un incremento de la prevalencia de asma y síntomas respiratorios en un 30-50 % en casas húmedas. Los datos del estudio⁸, sugieren un efecto creciente de los aeroalergenos en pacientes alérgicos durante este período, que también puede implicar una mayor probabilidad el desarrollo de una enfermedad respiratoria alérgica en sujetos sensibilizados y exacerbación de los pacientes sintomáticos, fundamentalmente niños asmáticos.

Figura 4. Elución por choque osmótico

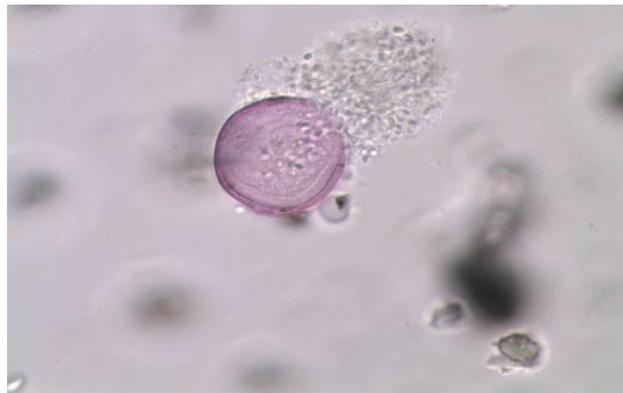


Imagen de microscopía óptica 50x de una preparación de Hirst del aerosol de Cartagena, donde se visualizan un grano de polen de Poaceae que dispersa su contenido interior.

Otro caso que evidencia este hecho, es el estudio aerobiológico realizado tras las inundaciones en el área urbana de Nueva Orleans, Luisiana, en 2005, consecuencia del paso del huracán Katrina que dio lugar a condiciones de humedad favorables para la dispersión de los bioaerosoles, con un alto incremento de esporas de hongos y de sus endotoxinas⁹. El muestreo realizado con la metodología de Hirst, evidenció un incremento de las esporas desde 21 000 a 102 000 esporas/m³ en aire exterior y de 11 000 a 645 000 esporas/m³ en aire interior. En general, los valores de esporas del aire exterior se duplicaron en las zonas inundadas, siendo los niveles interiores los que alcanzaron los valores máximos en cualquier zona. Las especies fúngicas predominantes tanto en interior como exterior fueron *Cladosporium* y *Aspergillus*, *Penicillium*, y *Stachybotrys*. Tras el desastre, el Instituto Nacional de Salud difundió recomendaciones

para evitar peligros ambientales y ocupacionales, entre las que se incluyen, el uso de respirador desechable N-95 aprobado por NIOSH, para evitar la inhalación de esporas fúngicas, y sus consecuencias de salud pública en el área metropolitana.

La relación exposición síntomas está bien definida en el caso de los pólenes, pero esta relación no está siempre tan clara, en el caso de las esporas fúngicas, debido a que no presentan ciclos biológicos constantes, son cosmopolitas y son más difíciles de muestrear e identificar. Para el muestreo de esporas fúngicas se utilizan métodos viables (culturales) o no viables, ambos métodos son incompletos para identificar y cuantificar todas las especies fúngicas presentes. En Cartagena, el estudio de las esporas atmosféricas se realizó simultáneamente¹⁰ usando un método viable de filtración activa con el método no viable de impacto activo según la metodología de Hirst. Este estudio pone de manifiesto diferencias cualitativas importantes en el perfil fúngico del bioaerosol en función del método utilizado. Así siguiendo una metodología no viable (método de Hirst) se minimiza la importancia que puedan tener las esporas hialinas pequeñas, además de que este método no permite identificar género y especie, llegando únicamente al género-forma. Los métodos culturales son los procedimientos más ampliamente utilizados para evaluar el contenido microbiológico de bioaerosoles, sin embargo, actualmente está ampliamente aceptado que estos métodos subestiman significativamente la cantidad total de microorganismos fúngicos presentes ya que la gran mayoría de ellos no pueden ser cultivables¹. Por ello se proponen además otras técnicas como: la medición indirecta de los niveles de microorganismos en base a sus componentes (tradicionalmente β -d-glucanos para hongos) o técnicas moleculares sencillas como PCR cuantitativa. La EPA ha desarrollado y estandarizado una herramienta para evaluar el riesgo potencial de crecimiento del moho de interiores conocida como ERMI¹¹ (Environmental Relative Moldiness Index) basada en análisis de muestras de polvo intra domiciliarias. La muestra se analiza mediante reacción en cadena polimerasa cuantitativa, método basado en el ADN altamente específico para la cuantificación de especies de hongos (MSQPCR). El ERMI es un método actualmente muy usado para cuantificar la exposición a hongos en ambientes interiores con especial relevancia en domicilios de niños asmáticos. Dicho método ha sido utilizado para un estudio piloto de caracterización de hongos alergénicos en el aire y polvo interior-exterior de los domicilios en Puerto Rico¹², que presenta alta prevalencia de asma. En este trabajo, como en otros similares realizados por Vesper, evidencian un predominio de especies de *Aspergillus* o *Eurotium* grupo.

La importancia del conocimiento de la composición de la aeromicota del aire exterior, fundamentalmente de las especies consideradas más alergénicas, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus* y *Penicillium*, para el control de la morbilidad del asma alérgico, queda patente en algunos trabajos. Aunque se sabe que la población infantil urbana es la que presenta una mayor prevalencia de asma alérgico causada por esporas fúngicas, la relación entre la morbilidad y la exposición a hongos es aún mal entendida. El trabajo de Pongracic y colaboradores, sobre asma infantil en zonas urbanas de Chicago¹³ en 2010 causadas por especies de *Penicillium*, enfatiza en la importancia de conocer los niveles de *Penicillium* en el aire exterior para evitar la sobreexposición en los pacientes sensibles y disminuir el riesgo de exacerbaciones de asma alérgico en la población sensible. En su trabajo epidemiológico de casos control demuestra como los niños asmáticos sensibilizados a *Penicillium* presentan crisis asmáticas cuando se incrementan los niveles de esta espora en el aire exterior. El trabajo concluye que no tener en cuenta la exposición al hongo en el exterior se debe considerar una causa potencial de un control deficiente del asma en esta población.

REFERENCIAS

1. Oppliger A. Advancing the Science of Bioaerosol Exposure Assessment. *Ann. Occup. Hyg.* 2014; 58(6):661-3.
2. Azar S. Importancia de la creación de las redes aerobiológicas. Trabajo presentado en el VI Congreso Argentino Multidisciplinario en Asma, Alergia e Inmunología. 2006. Buenos Aires.
3. Torres-Rodríguez JM. El laboratorio de micología médica. En: Torres-Rodríguez JM, Palacio-Hernanz A, Guarro-Artigas J, Negroni-Briz R, Pereiro-Miguens M (ed). *Micología médica*. Barcelona: Masson. 1993. pp. 11-22.
4. Prieto L. Alergenos y asma. Algunos conceptos han cambiado. *Medicina Clínica*. 1994; 10:376-8.
5. Sociedad Española de Alergología e Inmunología Clínica. *Alergológica 2005: Factores epidemiológicos, clínicos, y socioeconómicos de las enfermedades alérgicas en España*. Madrid: Luzán 5 SA de Ediciones: 2006.
6. Quirce S. Asthma in *Alergológica-2005*. *J. Investig. Allergol. Clin. Immunol.* 2009; 19(Suppl. 2):14-20.
7. Levetin E. "Fungi". En: Burge H. ed. *Biaerosols*. Boca Raton: Lewis Publishers. 1995. pp 87-120.
8. Cecchi L, D'Amato G, Ayres J. G. et ál. Projections of the effects of climate change on allergic asthma: the contribution of aerobiology. *Allergy* 2010; 65:1073-81.
9. Solomon G, Hjelmroos-Koski H, Rotkin-Ellman M and Hammond S. Airborne Mold and Endotoxin Concentrations in New Orleans, Louisiana, after Flooding, October through November 2005.

Environmental Health Perspectives 2006; 114(9):1381-6.

10. Elvira-Rendueles B, Moreno JM, Garcia-Sanchez,A et ál. Air-spore in Cartagena, Spain –Viable and non-viable sampling methods. Annals of Agricultural and Environmental Medicine 2013; 20(4):774-81.
11. Vesper SJ. Developing the EPA Relative Moldiness Index © based on mold-specific quantitative PCR. EPA Technology for Mold Identification and Enumeration. [actualizado en 2010; citado 10/03/2015] Disponible en: <http://www.epa.gov/microbes/moldtech.htm>.
12. Bolanos-Rosero B, Betancourt D, Dean T. and Vesper S. Pilot study of mold populations inside and outside of Puerto Rican residences. Aerobiologia 2013; 29(4):537-43.
13. Pongracic J, O'Connor G, Muilenberg MS et ál. Differential effects of outdoor versus indoor fungal spores on asthma morbidity in inner-city children. J. Allergy Clin. Immunol. 2010; 125(3): 593-9.