

Aeromicología: ¿por qué debe ser una parte esencial la Aerobiología?

Belén Elvira Rendueles¹, Jose María Maya Manzano²

¹Universidad Politécnica de Cartagena, Murcia. ²Technological University Dublin, School of Chemical and Pharmaceutical Sciences, Kevin Street. Dublin, Irlanda
belen.elvira@upct.es

LAS ESPORAS DE LOS HONGOS

Definiciones y generalidades acerca de los hongos

Los hongos son organismos eucariotas, aclorofilicos (heterótrofos), con reproducción sexual (casi siempre) y asexual, generalmente con estructuras somáticas filamentosas (hifas formando un micelio), y pared celular de quitina o celulosa. Son cosmopolitas, y crecen sobre todo tipo de sustratos, incluyendo el suelo y alimentos (saprofitos), plantas (fitoparásitos) o sobre animales y personas (micoflora o parásitos).

Aparte de estos efectos sobre los seres vivos, su importancia aerobiológica se explica por las elevadas concentraciones de esporas que se registran, con valores en torno a 10 veces el número de granos de polen por la misma unidad de medida. Esta altísima producción es debida a que gran parte de las esporas producidas se pierden y no fructifican, por lo que para asegurarse la supervivencia los hongos aumentan la producción de esporas, llegando a ser millones¹. La Aeromicología es la disciplina englobada dentro de la Aerobiología que estudia estas partículas aerobiológicas de origen fúngico.

Sistemática y taxonomía en hongos

Existen varios sistemas de clasificación en la taxonomía de los hongos. Actualmente, el reino Fungi² clasifica a los hongos verdaderos (con un antecedente común) en F. *Chytridiomycota*, F. *Zygomycota*, F. *Ascomycota*, y F. *Basidiomycota*. Los hongos imperfectos

o mitospóricos (asexuales) ya no constituyen un grupo aparte (*Deuteromycota*). F. *Myxomycota* y F. *Oomycota* pasan al Reino Protozoa y Chromista. La identificación de algunas especies fúngicas presenta dificultades taxonómicas, por lo que para facilitar el trabajo, se trabaja con tipos fúngicos. Un tipo fúngico engloba a taxones de distintas categorías que muestran al microscopio una configuración morfológica y estructural muy similar. En la figura 1 se muestran ascosporas y basidiosporas coloreadas.

Por ello, la Aeromicología se han centrado en pocas especies bien diferenciadas como *Alternaria* (Nees), *Botrytis* (*P. Micheli ex Pers.*), *Cladosporium* (Link), *Epiccocum* (Link), *Ganoderma* (*P. Karst*), *Pithomyces* (Berk. & Broome), *Polythrincium* (Kunze), *Stemphyllium* (Wallr.), *Torula* (Pers.), *Drechslera* (type) o *Cladosporium*³⁻⁵. Para la identificación microscópica de las esporas fúngicas se usan claves y atlas⁶⁻¹⁰. Una que diferencia según los conidios en muestras aerobiológicas es el sistema Saccardo. La clave de diferenciación de las esporas fúngicas por ontogenia conidial¹¹, también será tratada en este taller.

Las esporas de los hongos

Una espora es una unidad unicelular o pluricelular (por la aparición de septos), de tamaño reducido (la mayoría entre 5-50 μm), generalmente con una capa o pared de resistencia, que almacena materiales de reserva y sirve para la propagación o multiplicación de organismos¹², siendo su origen sexual (meiosis) o asexual (mitosis). Aunque suelen ser dispersada de forma



Figura 1: basidiosporas y ascosporas coloreadas: composición de diferentes basidiosporas y ascosporas observadas al MO (x100) que aparecen frecuentemente en el aire de Cartagena

aerovagante y pasiva, a veces existen mecanismos de propagación mecánicos o balísticos, como ocurre en algunas ascosporas. La forma es muy variable, y su color va desde el hialino (el más común), con colores fuertes hasta negro.

Las concentraciones varían considerablemente en el tiempo y en el espacio, con variaciones anuales, estacionales, diarias y horarias. Como factores influyentes propios del hongo, podemos citar la edad, tamaño y estado del esporocarpio, el tipo de cuerpo fructífero,

etc., o externos, como la distancia desde las fuentes al receptor, parámetros meteorológicos, tipo de uso del suelo y topografía. Las condiciones necesarias para la fructificación son: existencia de esporas, base nutriente, humedad y temperaturas 4 - 38 °C, quedando en latencia durante periodos poco favorables¹³. Por esta variabilidad en los hongos y el rango tan amplio de condiciones ambientales necesarias¹⁴ para activar la liberación de las esporas, se denominan como “esporas de aire seco” o “esporas de aire húmedo”¹⁵ (figura 2).

Figura 2. Esporas

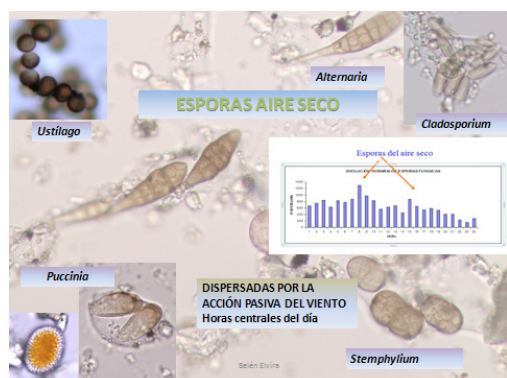


Figura 2a: esporas aire seco



Figura 2b: esporas aire húmedo

Implicaciones y efectos de las esporas en los seres vivos

En ambientes antrópicos el bioaerosol fúngico¹⁶ contribuye entre 2-8 % de la materia particulada PM10, niveles elevados de CO₂ favorecen la esporulación y la capacidad alergénica atmosférica. En estos ambientes se generan nuevas fuentes emisoras de bioaerosoles fúngicos¹⁷ como depuradoras, plantas de compostaje (*Aspergillus fumigatus*) y vertederos. Aeromicrología y meteorología están íntimamente relacionadas, las crisis asmáticas tras tormentas o tras el paso de huracanes e inundaciones incrementan la concentración de las esporas fúngicas. Por el contrario, la ausencia o disminución de basidiosporas puede ser un claro indicador de stress hídrico o de sobreexplotación de las valiosas setas. Por ello, los estudios aeromicológicos tienen gran importancia y aplicabilidad¹⁸.

Así, pese a la labor ecológica de los hongos, lamentablemente algunos destacan por la capacidad patógena, su capacidad infecciosa o alergénica. Así podemos citar a *Aspergillus*, que puede causar aspergilosis¹⁹. También pueden producir durante su desarrollo sustancias tóxicas o micotoxinas, como aflatoxinas (*Aspergillus flavus*). Además, la presencia


de otros hongos en el ambiente puede ocasionar trastornos como dermatomicosis e infecciones oportunistas. Las esporas fúngicas también son un alérgeno potencial, sobre todo cuando ya se posee otro tipo de hipersensibilidad (polen o ácaros). Como muestra de posibles riesgos para la salud en ambientes interiores, se han analizado sitios de interés especial, como colegios²⁰, hospitales²¹ y otros ambientes de trabajo²². Otra aplicación relacionada es la que tiene que ver con la salud vegetal (fitopatología), siendo múltiples las enfermedades que ocasionan los hongos sobre los cultivos (*Alternaria* en cereales, *Oidium* o *Plasmopara* en la vid, en el tomate, *Penicillium* en cítricos, etc). También es útil construir calendarios de incidencia de los diversos tipos fúngicos, maximizando la eficacia de los fungicidas. En este sentido, el pronóstico de las concentraciones demuestra ser muy importante^{23,24}. Algunos hongos pueden ocasionar graves problemas sanitarios, afectando a las plantas y pasando a los animales por la cadena alimentaria²⁵. Finalmente, mediante el monitorizaje de la atmósfera circundante a monumentos y objetos artísticos²⁶, puede evitarse el biodeterioro que se causa en ellos por el ataque de hongos y líquenes.

Tipos de muestreos

Los muestreos aerobiológicos se dividen en: métodos no viables (identificación) y métodos viables (recuperación y posterior cultivo de microorganismos). En cuanto a los métodos aerobiológicos usados, se usan captadores volumétricos (Hirst), filtración activa (MCV), en cascada de 1 o varias etapas (Andersen), impactadores por centrifugación (Biotest) y ciclones (Burkard Cyclon). El captador Hirst revolucionó la Aeromicología al demostrar la gran diversidad aerovagante mediante visualización microscópica. Sin embargo, su eficacia baja para partículas <5 µm, infravalorando la concentración en este rango de esporas. Los cultivos son un complemento muy efectivo al método Hirst, con las limitaciones de los propios medios de cultivo usados²⁷. MCV combina metodología viable con no viable, lo que lo hace un método muy válido para este tipo de estudios. Los métodos de filtración, muy variados, están muy limitados por el tiempo de muestreo y su diferente capacidad (2 L/min-1000 L/min), dificultando la estandarización y comparación de resultados. Los impactadores en cascada presentan alta eficiencia en la captura de pequeñas partículas, siendo ideales para aislamiento y cultivo de hongos aerovagantes, bacterias y alérgenos libres (inmunodetección y ELISA-enzimoinmunoensayo). Las nuevas técnicas moleculares también facilitan la correcta identificación²⁸ en un grupo con tanta dificultad taxonómica. Están basadas en el ARN ribosómico ARNr 16S, la macromolécula más ampliamente utilizada en estudios de filogenia y taxonomía bacterianas, DGGE (*Denaturing Gradient Gel Electrophoresis*), FISH (*Fluorescence In Situ Hybridization*), y cuantitativas, como qPCR (*Real Time Quantitative Polymerase Chain Reaction*), que es la más usada.

REFERENCIAS

- Grant A, Robinson CW. Measurement of rheological properties of filamentous fermentation broths. *Chemical Engineering Science*. 1990; 45:37-45.
- Kirk PM, Cannon PF, Minter DW, Stalpers JA. *Dictionary of the Fungi* (2008). 10th Edition Ainsworth & Bisby. CABI Europe – UK. 2008; 771. ISBN 0851998267.
- Kasprzyk I. Aeromycology – Main Research fields of interest during the last 25 years. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. 2008; 15:1-7.
- Bench K, Braun U, Groenewald JZ, Crous, PW. The genus *Cladosporium*. *Studies in Mycology*. 2012; 72(1):1-401. ISSN 0166-0616.
- Woudenberg JHC, Groenewald JZ, Binder M, Crous PW. *Alternaria redefined*. *Studies in Mycology*. 2013; 75:171-212.
- Haines J, Escamilla B, Muilenberg M, Gallup J, Levetin E. *Mycology of the air. A workshop manual for sampling and identifying airborne fungus spores*. 2000. (materials of Advanced Aerobiology Course, Montebello, Canada, 2002).
- Nikkels AH, Terstegge P, Spijksma FTh. Ten types of microscopically identifiable airborne fungal spores at Leiden, The Netherlands. *Aerobiologia*. 1996; 12:107.
- Nilsson S. *Atlas of Airborne Fungal Spores in Europe*. Springer. 1984.
- Grant Smith E. *Sampling and identifying allergenic pollen and molds. An Illustrated Identification Manual for Air Samplers*. Published 1984 by Blewstone Press in San Antonio, Tex. 1990.
- Ellis MB. *Dematiaceous Hyphomycetes*. International Mycological Institute, Kew, Surrey, England. 1993.
- Kendrick B. Analysis of morphogenesis in hyphomycetes: New characters derived from considering some conidiophores and conidia as condensed hyphal systems. *Canadian Journal of Botany*. 2011; 81(2):75-100.
- Ingold CT. *Fungal Spores*. Clarendon press, Oxford. 1971.
- Martí SM, Alonso ER, Constans AA. Nota técnica de prevención 488: Calidad del aire interior: identificación de hongos. Instituto nacional de Seguridad e higiene en el trabajo. Gobierno de España. 2003.
- Lacey ME, West JS. *The Air Spora: A manual for catching and identifying airborne biological particles*. Springer, London, England. 2006.
- Crotzer V, Levetin E. The aerobiological significance of smut spores in Tulsa, Oklahoma. *Aerobiología*. 1996; 12:177-84.
- Mendes AP, Andrade MF, Teixeira FL, Engling G, Henrique de Souza R, Kumar P. Biomarkers as indicators of fungal biomass in the atmosphere of São Paulo, Brazil. *Science of the Total Environment*. 2018; 612:809-21.
- Taha MP, Pollard SJ, Sarkar U, Longhurst P. Estimating fugitive bioaerosol releases from static compost windrows: feasibility of a portable wind tunnel approach. *Waste Management*. 2005; 25:445-50.
- Bartrá TJ. Mapa fúngico y estudio multicéntrico de sensibilización a hongos en Cataluña. *Alergología e Inmunología Clínica*. 2003; 18:106-21.
- Corden JM, Millington WM. Long term trends in outdoor *Aspergillus/Penicillium* spore concentrations in Derby, UK from 1970 to 2003 and a comparative study in 1994 and 1996 with the indoor air of two local houses. *Aerobiologia*. 2005; 21:105-13.
- Angulo RJ, Infante-García PF, Mediavilla MA, Domínguez-Vilches E. Catálogo de los hongos aislados en el polvo acumulado en colegios de Córdoba (España). *Actas de Botánica malacitana*. 1993; 18:55-64.
- Azimi F, Naddafi K, Nabizadeh R, Hassanvand MS, Alimohammadi M, Afhami S, Musavi SN. Fungal Air Quality in hospital rooms: a case of study in Tehran, Iran. *Journal of Environmental Health Sciences and Engineering*. 2013; 11:30.
- Sharma D, Dutta BK, Singh AB. Exposure to indoor fungi in different working environments: a comparative study. *Aerobiología*. 2010; 26(4):327-37.
- Grinn-Gofroñ A, et al. Airborne *Alternaria* and *Cladosporium* fungal spores in Europe: Forecasting possibilities and relationships with meteorological parameters. *Science of the Total Environment*. 2019; 653:938-46.

- 
24. Astray G, Rodríguez-Rajo FJ, Ferreiro-Lage JA, et al. The use of artificial neural networks to forecast biological atmospheric allergens or pathogens only as *Alternaria* spores. *Journal of Environmental Monitoring*. 2010; 12 (11):2145- 52.
 25. Marasas WF, Gelderblom WC, Galendo D, et al. Cancer initiation by fumonisin B₁ in rat liver. *Cancer Letters*. 2001; 169:127-37.
 26. Nugari PM, Realini M, Roccardi A. Contamination of mural paintings by indoor airborne fungal spores. *Aerobiologia*. 1993; 9:131-9.
 27. McCloud J, Estelle Levetin E. Diversity of Viable Airborne Fungi in Tulsa, Oklahoma *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2017; 139(2):AB27.
 28. Pringle A. Asthma and the Diversity of Fungal Spores in Air. *PLoSPathog*. 2013; 9(6):e1003371. doi:10.1371/journal.ppat.1003371.