

BAÚL DE LA CIENCIA

Los alérgenos que respiramos

Delia Fernández González

Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental (Área de Botánica),
Universidad de León. León e Istituto di Scienze Atmosferiche e del Clima (ISAC)
– Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Bologna

El incremento en el conocimiento acerca de las características moleculares y funcionales de los alérgenos que han sido purificados hasta el momento, está demostrando que los alérgenos del polen liberados a la atmósfera pertenecen a grupos de familias de proteínas poco numerosos, pero capaces de desencadenar respuestas alérgicas en personas sensibles. Muchos de los aeroalérgenos son proteínas estructurales de las plantas implicadas en funciones de crecimiento, desarrollo y defensa de las mismas frente a microorganismos, parásitos y condiciones ambientales extremas. Esto ha supuesto que en muchos núcleos urbanos de población exista una discordancia entre la cantidad de polen contenido en la atmósfera y la respuesta alérgica. Para tratar de dar una explicación a este fenómeno se han desarrollado métodos de cuantificación de alérgenos en el aire, como complemento a los recuentos polínicos tradicionales. En este trabajo hacemos un resumen sobre los tipos principales de aeroalérgenos y sobre su emisión y modificación en función de diversos procesos atmosféricos.

Palabras clave:

Aeroalérgenos, polen, atmósfera, contaminantes.

El polen como componente del aerosol atmosférico

Desde el inicio de las investigaciones científicas sobre el aerosol atmosférico en el siglo XIX, ya se puso de manifiesto la importancia que tienen para la salud humana las partículas biológicas presentes en el aire. Pierre Miquel (1883) demostró que la concentración de esporas de hongos en la atmósfera seguía un ciclo estacional y que dependía en gran medida de la dirección del viento. También demostró que, en París, gran parte de la mortalidad humana era consecuencia de concentraciones elevadas de bacterias en el aire. Posteriormente a este periodo, el estudio de las partículas biológicas del aire se fue intensificando hasta llegar a nuestros días y actualmente de su análisis se ocupa una disciplina llamada Aerobiología, que abarca varios campos de investigaciones científicas, entre ellas la física, la química, la biología y la medicina. El impacto de la “aerobiología” es especialmente importante en ciencias básicas y aplicadas como alergología, bioclimatología, palinología,

contaminación biológica, calidad del aire de interior, del aire industrial y patrimonio cultural, entre otras.

Después de su emisión a la atmósfera, las partículas biológicas primarias del aerosol (PBAP) pueden participar en procesos físicos y químicos atmosféricos (coagulación, adherencia a las superficies, reacciones foto-oxidativas, etc.) y dependiendo de las propiedades de su superficie, dichas partículas pueden servir como núcleos para formar gotas de agua o cristales de hielo que originarán nubes y posterior precipitación. Una vez depositadas en ecosistemas terrestres o acuáticos, las PBAP pueden completar sus ciclos biológicos para futuras emisiones (**Fig. 1**).

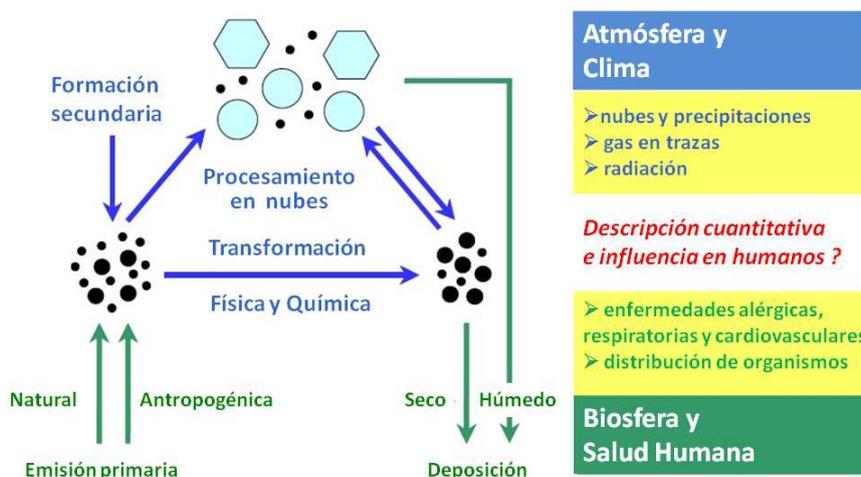


Figura 1. Ciclo atmosférico del aerosol orgánico y efectos sobre el sistema climático y la salud humana (Adaptación de Pöschl, 2005)

Sin embargo, las partículas biológicas en general han recibido poca atención en las ciencias de la atmosfera frente a otros tipos de elementos o sustancias que constituyen el aerosol como, sulfatos, sales marinas, polvo mineral, cenizas volcánicas, etc. Inicialmente esto pudo ser debido a que el aerosol biológico, en muchas ocasiones, resulta de difícil interpretación; por otra parte a nivel global la media de las concentraciones biológicas es insignificante en relación al material no biológico. Recientemente, numerosos investigadores han sugerido que las partículas biológicas, como potenciales formadoras de nubes y precipitaciones, también pueden influir en los ciclos hidrológicos y en el clima, al menos a escala regional.

Uno de los grandes tipos de PBAP son los granos de polen, es decir las unidades reproductoras de las plantas con flores que contienen el gameto masculino. Los granos de polen difieren mucho de tamaño, de 5 a 200 μm y tienen formas y ornamentación muy variadas; a veces aparecen fragmentados

en el aerosol, ya que se pueden romper bajo fuertes presiones osmóticas y precipitaciones intensas. El polen de las plantas anemófilas utiliza el viento como vector de dispersión y, para garantizar su llegada al estigma femenino, dichas plantas producen y emiten a la atmósfera cantidades enormes de granos de polen.

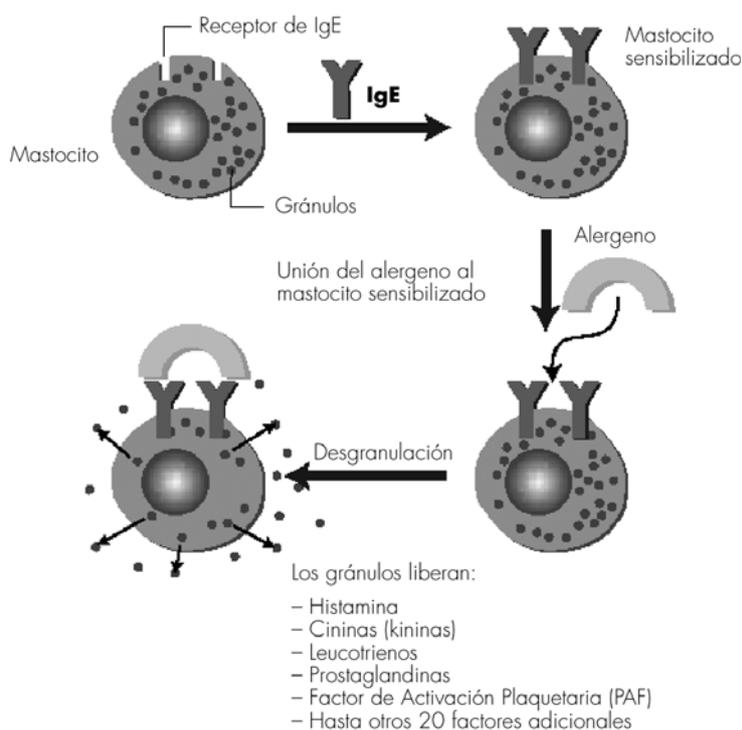
La capacidad del polen de dispersarse en la atmósfera depende de varios factores meteorológicos, como la temperatura y la humedad; generalmente la cantidad de polen presente en la atmósfera muestra una correlación positiva con la temperatura y negativa con la humedad. Pero también el viento y la lluvia son parámetros importantes: por ejemplo la emisión de polen se reduce en presencia de lluvia y durante los periodos de escasez de viento o calmas. El polen puede ser trasladado a las capas altas de la atmósfera por fenómenos de convección y en general su concentración decrece con la altura, sin embargo este fenómeno, a su vez, puede ser modificado por la inversión térmica. La distancia horizontal a la que los granos de polen pueden llegar arrastrados por el viento depende de las temperaturas, y se ha sugerido que un incremento en la temperatura del aire induce una inestabilidad atmosférica y, consecuentemente, la dispersión del polen. Por otra parte, el tiempo de permanencia del polen en la atmósfera también depende de su velocidad de caída, que a su vez está relacionada con su morfología y tamaño; por lo tanto varía enormemente en función del tipo polínico.

La presencia de polen en la atmósfera es una consecuencia directa de los ciclos estacionales de la floración de las plantas. A escala local, la estación de polinización de cada planta se puede predecir, aunque su inicio y su final es variable en función de los parámetros meteorológicos; igualmente la cantidad de polen emitido por las plantas puede sufrir una variación interanual importante. Y, como ocurre con otros bioaerosoles, los granos de polen también muestran ciclos diarios de concentración.

Los cambios globales, como el incremento del CO₂ atmosférico, incrementos de temperatura, cambios en la cantidad, distribución e intensidad de las precipitaciones, aumentos en la intensidad y frecuencia de acontecimientos climáticos extremos, cambios en el uso del suelo y la urbanización, entre otros fenómenos, pueden tener un gran impacto en la producción, distribución y dispersión del polen. El polen es una de las causas importantes de alergias, por ello las modificaciones que pueda sufrir y las variaciones del inicio y duración de las estaciones polínicas pueden provocar grandes cambios en la prevalencia y severidad de los síntomas de los individuos con enfermedades alérgicas.

Alérgenos: integrantes del polen

Los alérgenos ambientales o aeroalérgenos más frecuentes proceden del polen. Muchos granos de polen son capaces de provocar reacciones alérgicas mediadas por Ig E, pocos segundos después de su contacto con las mucosas humanas, ya que muchos de ellos son solubles en agua y fácilmente disponibles. En general son proteínas no específicas con propiedades antigénicas y con pesos



moleculares mayores de 7 kDa. No sólo son capaces de provocar la respuesta Ig E, sino también de desencadenar la liberación de mediadores de los mastocitos o de los basófilos por puentes entre dos moléculas citotrópicas de Ig E a través de los receptores FcεRI (**Fig. 2**). En la práctica, los alérgenos son identificados en base a su reactividad IgE, que es suficiente para numerosos fines.

Figura 2. Hipersensibilidad inmediata (Tipo I). Liberación de mediadores de los mastocitos por puentes entre dos moléculas de Ig E.

Para denominar los alérgenos se sigue la norma de la IUIS (International Union of Immunological Societies-Allergen Nomenclature Subcommittee), que se basa en los nombres científicos de géneros y especies de seres vivos de los cuales proceden. Esta denominación consiste en las tres primeras letras del género, un espacio seguido de la primera letra de la parte específica, otro espacio y, un número arábigo siguiendo un orden de prioridad en función del descubrimiento y descripción del alérgeno. Si el alérgeno es estructuralmente homólogo o posee reactividad cruzada con otros alérgenos descritos previamente en diferentes especies, se utilizan los números existentes previamente. Por ejemplo, en el caso de la primera proteína descrita de la especie altamente alérgica *Lolium perenne*, la denominación del alérgeno es Lol p 1.

Cada alérgeno individual se clasifica a su vez en mayoritario o mayor, si más del 50% de los individuos sensibles al mismo dan reacción positiva, e

intermedios o menores, si la frecuencia de respuesta es inferior al 10%. La especificidad de las reacciones alérgicas está fuertemente correlacionada con la estructura química de los alérgenos.

Principales alérgenos del polen

Los alérgenos del polen han sido clasificados en aproximadamente 30 de las 7.868 familias de proteínas existentes. Casi todos ellos corresponden a unas 44 familias de plantas siendo algunas de las más importantes: Poaceae, Cupressaceae, Asteraceae, Betulaceae, Oleaceae y Urticaceae (Radauer & Breiteneder 2006, Chapman et al. 2007, Weber 2007).

Dejando de lado sus características alergénicas, muchos alérgenos han sido considerados proteínas estructurales de las plantas y algunos de ellos, llaves en la fisiología del polen. Además, se ha demostrado que pueden tener diferentes formas de configuración (polimorfismo alergénico) en una misma especie, que representaría una ventaja adaptativa de la planta frente a diferentes condiciones ambientales (Alché et al. 2007).

Las principales familias de alérgenos del polen se agrupan en: proteínas relacionadas con patógenos de plantas (PR), proteínas con capacidad de unión al calcio, profilinas y expansinas. Hasta ahora, los alérgenos mayores del polen se han clasificado en 4 familias de proteínas: pectato liasas, defensinas, unión a otros alérgenos y proteínas que transportan lípidos (**Tabla 1**).

	Alérgenos							
Familia botánica	<i>PRP</i>	<i>Profilinas</i>	<i>Polcalcinas</i>	<i>Expansinas</i>	<i>Pectato liasas</i>	<i>Poligalacturonasas</i>	<i>Inhibidoras de la invertasa</i>	<i>LTPs</i>
Asteraceae		Art v 4			Amb a 1 Amb a 2			Art v 3 Amb a 6
Betulaceae	Bet v 1	Bet v 2	Bet v 3, Bet v 4					
Cupressaceae	Grupo 3		Grupo 4		Grupo 1	Grupo 2		
Oleaceae	Ole e 9	Ole e 2	Ole e 3 Ole e 8					
Platanaceae						Pla a 2	Pla a 1	
Poaceae		Grupo 12	Grupo 7	Grupo 1 (2-3)		Grupo 13		
Urticaceae		Par j 3	Par j 4					Par j 1-2

Tabla 1. Grupos de alérgenos del polen más frecuentes en algunas de las familias botánicas más alergénicas a nivel mundial.

Proteínas de respuesta a patógenos de las plantas (PRP).

Taumatinas, inhibidoras de la tripsina, defensinas, etc. Son diversos tipos de proteínas que defienden a la planta del ataque de insectos, hongos, microorganismos de diversos tipos, etc., o bien permiten su adaptación a condiciones ambientales extremas. Algunas de ellas se pueden sintetizar mejor en presencia de azúcares (sacarosa) y actúan como proteínas de reserva en el grano de polen; pertenecen al grupo de proteínas responsables de alergias cruzadas entre polen y alimentos de origen vegetal. Por ejemplo, Bet v 1 y homólogas (PR-10).

Proteínas de unión al calcio (Polcalcinas)

Alérgenos del polen con capacidad de unión al Ca^{2+} . Estas proteínas contienen motivos formados por dos hélices alfa situadas perpendicularmente, con un dominio entre las dos que forma un lugar de unión al calcio. Están extendidas en alimentos de origen animal (bacalao, salmón, carpa) y en diferentes tipos de polen, por lo tanto la posibilidad de reacciones cruzadas es alta. Ejemplos: grupo 7 de gramíneas (Cyn d 7 y Phl p 7) que comparten epítomos con otras polcalcinas como Bet v 3 o Jun o 4.

Profilinas

Proteínas ubicuas de células eucariotas, implicadas en la modulación y ensamblaje de filamentos de actina en el citoplasma en los procesos de motilidad celular. Son estructuralmente muy similares en todos los grupos vegetales. Ejemplo, grupo 12 de gramíneas (Phl 12).

Profilinas y polcalcinas muestran casi el 60% de secuencias de aminoácidos similares, de modo que aparece reacción cruzada entre miembros de diferentes familias de plantas.

Expansinas

Las expansinas son proteínas que actúan rompiendo puentes de hidrógeno entre las microfibrillas de celulosa y la matriz de polisacáridos de las paredes de las células vegetales, facilitando el crecimiento celular. En el caso de las gramíneas son muy específicas y se denominan β expansinas. Ejemplos: grupo 1 de gramíneas y grupos 2 y 3 de gramíneas (alto grado de homología con la parte C- terminal del grupo 1).

Pectato-liasas

Enzimas que degradan la capa pectídica de la intina con el fin de facilitar la salida de proteínas de reconocimiento polen-estigma y permitir el crecimiento del tubo polínico. Esta actividad enzimática ha sido reconocida en

los alérgenos Cry j 1 y Cup a 1 de las familias botánicas Taxodiaceae y Cupressaceae (Gimnospermas) y en Amb a 1 (Angiospermas).

Poligalacturonasas

Relacionadas con la interacción y modificación de las pectinas, tanto de la intina como del estigma. Ejemplos: Pla a 2, grupo 13 de gramíneas y también Cry j 2.

Inhibidores de la invertasa

Se han descrito en granos de polen algunas proteínas inhibidoras de las invertasas, que paralizan la acción de esta enzima que hidroliza la sacarosa en glucosa y fructosa.

Su aparición es muy activa y rápida en los primeros minutos del proceso de la hidratación del polen (para evitar la hidrólisis de la sacarosa, ya que ésta protege a las membranas de cambios osmóticos que podrían romper el incipiente tubo polínico y abortar el proceso germinativo) y desaparecen durante el resto de la germinación (para que el tubo polínico pueda nutrirse de azúcares simples). Una de estas enzimas es el Pla a 1 alérgeno mayor de los granos de polen del plátano de sombra.

Transporte de lípidos (LTPs)

Las LTPs son proteínas no específicas, de bajo peso molecular (9 kDa) y abundantes en plantas; facilitan el transporte de fosfolípidos y otros lípidos a través de las membranas celulares. Estas proteínas están distribuidas en casi todos los grupos de plantas y también forman parte de sus sistemas de defensa. Se ha comprobado que la cantidad de las mismas en los granos de polen cambia durante el proceso de hidratación, saliendo al exterior a través de las paredes del polen como elementos de reconocimiento y nutrición entre polen y estigma. Como ejemplo de ellas podemos citar dos alérgenos mayores del polen de Urticaceae, concretamente de *Parietaria judaica*: Par j 1 y Par j 2.

Las LTPs también se han descrito como alérgenos mayores en frutos y en algunas otras partes de plantas alimentarias, causando severos síntomas alérgicos.

Localización y liberación de los alérgenos del polen

Como hemos mencionado anteriormente, los granos de polen corresponden al gametofito masculino de angiospermas y gimnospermas y, al entrar en contacto con la superficie receptora del estigma, el polen germina y se desarrolla el tubo polínico a través del cual pasará el gameto masculino para fecundar a la ovocélula. Desde el punto de vista de la alergología, tienen especial

importancia las plantas con polinización anemófila (aproximadamente 250.000 especies conocidas) producen polen que es dispersado por el viento.

Los granos de polen poseen una doble pared celular, destinada a proteger las células espermáticas durante el proceso de transporte hacia los órganos sexuales femeninos. La capa más externa o exina no solo posee características morfológicas específicas, sino que esta formada por un compuesto lipofílico denominado esporopolenina, extremadamente resistente a las degradaciones físico-químicas y ambientales (esta propiedad ha hecho que se encuentre en restos fósiles). La capa interna o intina, rodea el protoplasma que contiene los orgánulos subcelulares y los núcleos vegetativos y generativos del polen, así como gránulos de almidón y partículas de acumulación de polisacáridos (o partículas p) (**Fig 3**). La exina puede estar interrumpida por aperturas a través de las cuales sale el tubo polínico en el momento de la germinación, y además también posee canalículos que conectan la superficie con la intina.

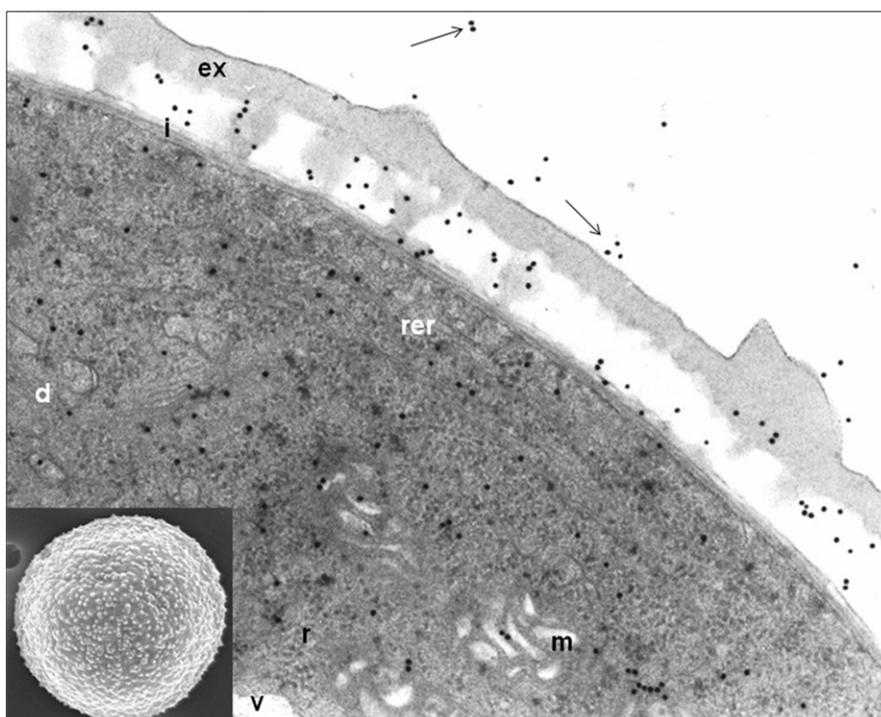


Figura 3. *Parietaria judaica* L. Vista general de un grano de polen a microscopía electrónica de barrido y detalle a microscopía electrónica de transmisión de un corte del mismo, ex: exina, i: intina, rer: retículo endoplasmático, d: dictiosomas, m: mitocondrias, v: vacuolas, r: ribosomas, las flechas señalan el marcaje del alérgeno Par j 1-2 (se aprecia también en el interior del grano de polen) (Vega Maray 2002).

Los alérgenos se localizan en diversas partes del grano de polen, pero principalmente en la matriz citoplasmática, con gran actividad en las mitocondrias, partículas p y gránulos de almidón (Taylor et al. 1994, Grote et al. 2000, Vega Maray et al. 2006), en algunos casos aparecen en la exina y no en los gránulos de almidón, en otros en la intina y no en la exina, es decir existe una variabilidad de localización según la función que tenga la proteína, eso sí, casi siempre ligada al reconocimiento polen-estigma y al desarrollo del tubo polínico.

Algunos alérgenos del polen son proteínas altamente solubles en agua y pueden ser liberados en medios húmedos en pocos segundos, y éste es el prerrequisito para la germinación polínica. En una atmósfera seca, el polen es muy estable y puede contener sus alérgenos durante muchos años, pero existen al menos tres factores que inducen la liberación de los mismos: alta humedad relativa, precipitaciones fuertes y contaminantes aéreos.

La liberación de alérgenos depende también del pH y de la temperatura, por ejemplo con valores máximos de 37°C y pH 9,0 se liberan casi todas las proteínas del polen de abedul, gramíneas y pino y, con pH 7,4 los alérgenos mayores Bet v 1 y Phl p 5 (Behrendt et al. 1999).

La liberación de alérgenos del polen también puede ocurrir de dos modos diferentes: 1) en la superficie de las mucosas de las vías respiratorias altas de humanos tras la exposición al polen y 2) fuera de los organismos en la propia atmósfera. La existencia de dos “contenedores” diferentes en ambientes de exterior – los propios granos de polen y los alérgenos liberados – puede ser la razón por la que a veces resulta compleja la interpretación de las alergias respiratorias. Actualmente se están poniendo a punto métodos para la evaluación cuantitativa y semi-cuantitativa de los aeroalérgenos (Fernández González et al. 2010).

Influencia de los contaminantes en la emisión de alérgenos

La influencia que ejercen ciertos gases y las “partículas madre” en la liberación de los alérgenos del polen, se debe estudiar en dosis, tiempo y humedad, dependiendo del tipo. Por ejemplo, una exposición del polen de *Phleum pratense* a altas concentraciones de SO₂ induce una reducción significativa de la liberación del alérgenos mayor Phl p 5, lo cual podría implicar una gran reducción de la alergenicidad a esta proteína en las regiones contaminadas con SO₂ en relación a las áreas no contaminadas. Por otra parte y bajo las mismas condiciones, los granos de polen expuestos a NO₂ (el mayor contaminante de interior y de exterior) no sufren cambios en la disponibilidad de los alérgenos.

El polen recogido en bordes de carreteras con tráfico pesado y alta contaminación procedente de las emisiones de los coches, tiene significativamente reducida la capacidad de liberación de alérgenos en relación al polen colectado en medios rurales. Sin embargo las áreas con tráfico pesado están asociadas con una prevalencia elevada de las enfermedades alérgicas de las vías respiratorias superiores. Esta aparente contradicción ha sido explicada en algunos trabajos: Knox et al. (1997) mostraron que, en muchas ocasiones, los alérgenos liberados del polen están asociados a las partículas del aire, o más concretamente a las partículas diesel. A su vez, estas partículas se acumulan sobre los granos de polen y se producen interacciones polen-partículas. En granos de polen de *Dactylis glomerata* incubados con extractos acuosos de partículas madre, se han podido comprobar cambios morfológicos similares a los que ocurren durante la activación-germinación del polen en medios húmedos, al mismo tiempo estos granos de polen liberan cantidades sustanciales de proteínas en dosis-tiempo dependientes de las condiciones ambientales. También el polen tratado con extractos orgánicos contenidos en el polvo fino atmosférico, muestra signos de preactivación para germinar, aunque no existe liberación de proteínas.

Estos hechos nos hacen pensar que el contenido de alérgenos en el aerosol puede estar generado por la interacción polen-partículas en una atmósfera húmeda, por lo tanto aunque la liberación de alérgenos sea menor, pueden permanecer más tiempo en el aire.

La interacción en el aire de los contaminantes con el polen no solo induce cambios cuantitativos sino también cualitativos en la morfología del polen, en las proteínas y en la liberación de alérgenos, así como en la formación de partículas alérgicas contenidas en el aerosol.

Los granos de polen también son capaces de secretar cantidades significativas de sustancias de unión a eicosanoides (ej. leucotrienos-B₄ y prostaglandinas-E₂) a determinado pH, tiempo y temperatura (Behrendt et al. 2001). Se han descrito valores altos de los mismos en el polen de abedul, de gramíneas y de la Ambrosia; en el polen de pino solo se observó de forma marginal. La liberación de estas sustancias proinflamatorias fue significativamente alta en el polen recogido en los alrededores de carreteras con tráfico pesado.

Conclusión

Todo lo mencionado anteriormente ha influido para que, desde hace aproximadamente 10 años, se esté analizando con mayor profundidad la carga alérgica del aire, desarrollando técnicas y métodos para la cuantificación de aeroalérgenos procedentes de diversos tipos polínicos y analizando su relación

con los recuentos polínicos tradicionales (**Fig. 4**). A su vez se han abierto nuevas posibilidades de investigación acerca de los mecanismos que inducen las alergias respiratorias.

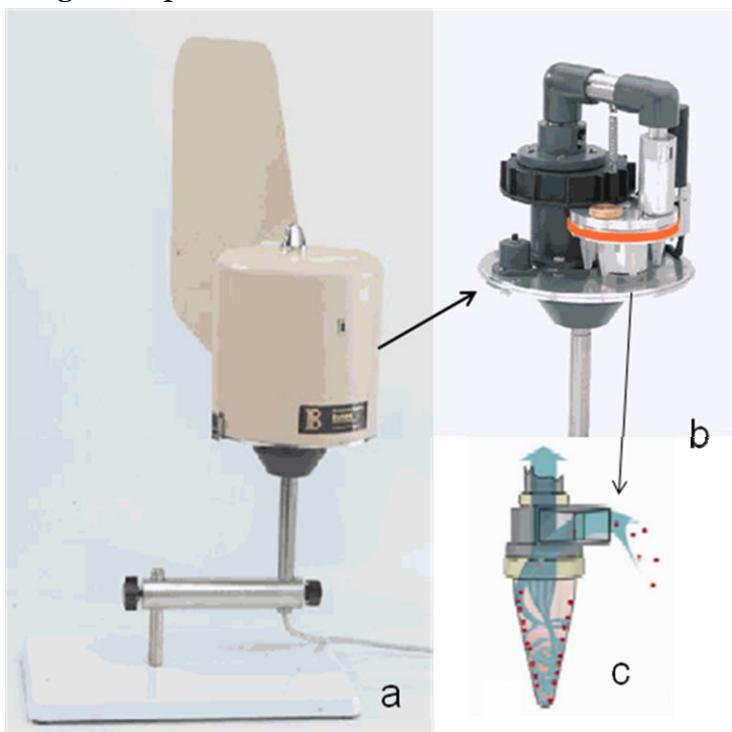


Figura 4. Captador de aeroalérgenos Multiciclón (Burkard). a: cabezal con orificio de entrada de aire, b: carrusel con los tubos eppendorf donde se recoge la muestra en seco, c: detalle de la deposición de las partículas en un tubo eppendorf.

El polen puede contribuir por si mismo a activar el epitelio de las mucosas del tracto respiratorio al secretar mediadores proinflamatorios. Es especialmente destacable que los granos de polen, con alta alergenicidad, produzcan cantidades relativamente elevadas de estas sustancias en relación al polen de plantas “a priori” menos alergénicas. Por ello se ha comenzado a utilizar el término “potencia alergénica”, no solo teniendo en cuenta la estructura de los alérgenos a nivel molecular, sino considerando también las características funcionales del alérgeno y su habilidad para sensibilizar las células inflamatorias animales.

Seguramente en un futuro próximo las previsiones polínicas dirigidas a la prevención de alergias respiratorias, no solo se basaran en el uso de los calendarios polínicos sino también en la cuantificación de alérgenos atmosféricos.

Bibliografía

Alché J.D., Castro A.J., Jiménez-López J.C., Morales S., Zafra A., Hamman-Khalifa A.M. & Rodríguez García M.I. 2007. Differential characteristics of olive pollen from different cultivars: biological and clinical implications. *J. Investig. Allergol. Clin. Immunol.* 17:69-75

- Behrendt H., Tomczok J., Sliwa-Tomczok W., Kasche A., Ebner von Eschenbach C., Becker W.M. & Ring J. 1999. Timothy grass (*Phleum pratense* L.) pollen as allergen carriers and initiators of an allergic response. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 118:414-418
- Behrendt H., Kasche A., Ebner von Eschenbach C., Risse U., Huss-Marp J. & Ring J. 2001. Secretion of proinflammatory eicosanoid like substances precedes allergen release from pollen grains in the initiation of allergic sensitization. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 124:121-125
- Chapman M.D., Pomes A., Breiteneder H. & Ferreira F. 2007. Nomenclature and structural biology of allergens. *J. Allergy Clin. Immunol.* 119:414-420
- Fernández-González D., González-Parrado Z., Vega-Maray A., Valencia-Barrera R., Camazón-Izquierdo B., de Nuntiis P. & Mandrioli P. 2010. *Platanus* pollen allergen, Pla a 1: quantification in the atmosphere and influence on sensitizing population. *Clin. Exp.-Allergy* 40:1701-1708
- Grote M., Vrtala S., Niederberger V., Valenta R. & Reichelt R. 2000. Expulsion of allergen-containing materials from hydrated rye grass (*Lolium perenne*) pollen revealed by using immunogold field emission scanning and transmission electron microscopy. *J. Allergy Clin. Immunol.* 105:1140-1145
- Knox R.B., Suphioglu C., Taylor P., Desai R., Watson H.C., Peng J.L. & Bursil L.A. 1997. Major grass pollen allergen Lol p 1 bonds to diesel exhaust particles: implications for asthma and air pollution. *Clin. Exp. Allergy* 27:246-251
- Miquel P. 1883. Les organismes vivants de l'atmosphère, Gauthier-Villars.
- Pöschl U. 2005. Atmospheric aerosols: composition, transformation, climate and health effects. *Angew. Chem. Int. Ed.* 44:7520-7540
- Radauer C. & Breiteneder H. 2006. Pollen allergens are restricted to few protein families and show distinct patterns of species distribution. *J. Allergy Clin. Immunol.* 117:141-147
- Taylor P.E., Staff I.A., Singh M.B. & Knox R.B. 1994. Localization of the two major allergens in rye-grass pollen using specific monoclonal antibodies and quantitative analysis of immunogold labelling. *Histochem. J.* 26:392-401
- Vega Maray A.M. 2002. Localización inmunocitoquímica de proteínas alergénicas y aerobiología del polen de Urticaceae. Tesis doctoral. Universidad de León.
- Vega Maray A.M., Fernández González D., Valencia Barrera R.M. & Suárez Cervera M. 2006. Detection and release of allergenic proteins in *Parietaria judaica* pollen grains. *Protoplasma* 228:115-120

Weber R.W. 2007. Cross-reactivity of pollen allergens: impact on allergen immunotherapy. *Ann. Allergy, Asthma & Immunol.* 99:203-212.



La Dra. **Delia Fernández** es Profesora Titular del Área de Botánica de la Universidad de León y Asociada en el Istituto di Scienze dell’Atmosfera e del Clima, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Bologna (Italia); lleva dedicada a la docencia y a la investigación más de 25 años. Actualmente imparte docencia en el Grado de Biotecnología de la

Universidad de León y en la Laurea Magistrale Biosanitaria de la Universidad de Bolonia, así como en el Master “Allergologia e Immunologia Pediatrica” de esa misma universidad italiana. Su labor investigadora siempre ha estado vinculada a la Palinología y a la Aerobiología, concretamente al análisis de la carga alérgica del aire y su relación con fenómenos atmosféricos. Fruto de esta labor investigadora son los más de 80 artículos en revistas y libros de carácter nacional e internacional. Es la responsable científica del Registro Aerobiológico de Castilla y León (RACyL) y Presidenta de la Asociación de Palinólogos de lengua Española (APLE)