

# ENEMIGOS INVISIBLES: HONGOS Y PARTÍCULAS EN LA ATMÓSFERA, EFECTOS SOBRE LA SALUD

Judith Castellanos-Moguel  
María Teresa Núñez-Cardona  
Thelma Falcón-Bárceñas  
Raúl Venancio Díaz Godoy \*

Ave Azul (fragmento)

## Resumen

En la atmósfera de las ciudades existe una gran cantidad de material particulado conformado por residuos de combustión, polvo derivado de la actividad industrial, desgaste de llantas y balatas, metales pesados, fibras, hollín y también por material biológico como polen, esporas de hongos, bacterias, ácaros, virus, que a diferencia de los contaminantes químicos, no son cuantificados rutinariamente, pero son un problema potencial en salud pública. El objetivo del presente trabajo es dar a conocer la presencia de agentes fúngicos en la atmósfera, así como su acción combinada con los materiales particulados de origen químico, haciendo énfasis en los más pequeños ( $PM_{2.5}$  y partículas ultrafinas) y los posibles riesgos a la salud. El estudio de la acción combinada de los contaminantes químicos y biológicos permitirá plantear estrategias para alertar y proteger a la población vulnerable. ■

\* Investigadores del Laboratorio de  
Micología, Departamento El Hombre  
y su Ambiente,  
Universidad Autónoma  
Metropolitana Xochimilco  
mjmoguel@correo.xoc.uam.mx

En el aire hay gran cantidad de material en suspensión considerado como contaminante, ya sea de origen natural o generado por las actividades humanas, que en su conjunto se conoce como material particulado (PM por sus siglas en inglés); desde la década de 1970 la calidad del aire en la Ciudad de México se ha registrado por

las autoridades y unos 15 años después, se implementó la Red de Monitoreo Atmosférico para cuantificar la cantidad de PM de origen químico, sin embargo existen otras partículas de origen biológico que al ser inhaladas causan daños a la salud por ejemplo: bacterias, protozoarios, virus y hongos, de éstos últimos y su acción combinada con el PM de origen químico nos ocuparemos en este artículo, ya que se ha dado relativamente poca importancia a este tipo de organismos y su papel como alérgenos y patógenos potenciales en los centros urbanos.

El material presente en la atmósfera está clasificado de acuerdo con su tamaño, así, las partículas suspendidas totales son aquellas que tienen un diámetro aerodinámico menor a 100 micrómetros (hay que recordar que un micrómetro  $\mu\text{m}$  es la millonésima parte de un metro). Las PM más comunes que podemos encontrar en la atmósfera son las de  $10 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) y las de  $2.5 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ). Estas se miden de rutina en muchas ciudades del mundo; en México se registra su concentración

en sitios con actividad industrial, como el Distrito Federal, Toluca, Monterrey, Guadalajara, Salamanca. Existen partículas aún más pequeñas, las nanopartículas (NP) que tienen un diámetro menor a 300 nm y las partículas ultrafinas (PUF), cuyo diámetro es menor o igual a 100 nm (un nanómetro equivale a  $0.001 \mu\text{m}$ ) (Kumar *et al.*, 2010). A las más pequeñas NP y PUF, algunos autores las clasifican de acuerdo con su origen, ya que las PUF se consideran como contaminantes y son resultado de las actividades cotidianas e industriales. Al contrario, las NP son diseñadas y tienen múltiples usos como la medicina, la cosmética, ciencias de materiales,

## Existen otras partículas de origen biológico que al ser inhaladas causan daños a la salud

entre otros. Para hacer más clara su comprensión, se han dividido en tres categorías, PUF naturales, PUF producidas por la actividad humana y NP diseñadas para usos específicos (Chang, 2010). En este artículo tomaremos en cuenta a las PUF derivadas de la actividad humana, principalmente de la combustión de gasolina y diésel.

Dentro de los tamaños más comunes  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$  podemos encontrar material de origen químico, como polvo derivado de la actividad industrial y pavimentación, fibras de diverso origen, hollín proveniente de combustión incompleta de biomasa vegetal y de



Pistilo Azul

combustibles fósiles, metales pesados, material derivado del desgaste de llantas y balatas de automóviles y autobuses, por mencionar algunos, así como diversos materiales biológicos como polen, esporas de helechos, esporas de hongos, algas microscópicas, bacterias, ácaros, escamas y fragmentos de insectos entre otros (Lacey y West, 2006). Las PUF componen el hollín, las nieblas y las brumas. Todos estos materiales son susceptibles de ser respirados por las personas y presentan riesgos considerables para la salud.

Los contaminantes, independientemente de si son químicos o biológicos, pueden penetrar en el tracto respiratorio y, dependiendo del tamaño, presentan mayor o menor riesgo para la salud como se muestra en el cuadro I (Lacey y West, 2006; Nowack y Buchneli, 2007).

## Más de 100 especies de hongos han sido reportados como causantes de graves infecciones

<b><i>Diámetro aerodinámico</i></b>	<b><i>Sitio principal donde se depositan</i></b>	<b><i>Efectos más comunes</i></b>
>10 µm	Nariz	Rinitis
4-10 µm	Bronquios	Asma
4-2 µm	Alveolos	Alveolitis
300-100 nm	Mitocondrias	Toxicidad a nivel celular

Cuadro I. Tamaño de las partículas atmosféricas y posibles efectos a la salud.

Por su tamaño, las esporas de hongos están dentro de la fracción de  $PM_{2.5}$  y son consideradas como bioaerosoles esto es, partículas de origen biológico que están en el aire y que por su composición pueden causar alergia, toxicidad o infección en individuos susceptibles (Peyton, 2009). Estas esporas son producidas por colonias de hongos asociadas a diversas fuentes, por ejemplo, las plantas, la materia orgánica en descomposición y superficies diversas, entre ellas las lonas y plásticos que cubren los puestos ambulantes y semifijos que están alrededor de las estaciones de transporte urbano, por eso algunas veces cuando pasamos por ciertos sitios, tenemos malestar en la nariz, irritación en los ojos y en la piel, probablemente provocada por la presencia de estructuras fúngicas en el aire.

Una gran cantidad de esporas de hongos microscópicos están presentes en la atmósfera de muchas zonas de todo el mundo; no obstante se pueden observar diferencias cualitativas y cuantitativas, de acuerdo con la hora del día, la temporada, la meteorología y la zona geográfica. Más de 100 especies de hongos han sido reportados como causantes de graves infecciones humanas y animales como queratitis, micosis cutáneas, en mucosas y

sistémicas (que comprometen todo el organismo) (Oliveira *et al.*, 2009). También se han observado efectos adversos para la salud de plantas y animales (Kalyoncu, 2009; Del Rio-Navarro *et al.*, 2009). Los géneros más comunes son *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria*, que han sido reportados como productores de alergias, asma, conjuntivitis y diversos padecimientos de la piel. Hay otros hongos un poco más peligrosos como *Aspergillus*, que puede causar enfermedades invasivas en pacientes con el sistema inmune debilitado. De todos los trastornos mencionados las reacciones alérgicas son

## Productores de alergias, asma, conjuntivitis y diversos padecimientos de la piel

las más comunes, y en los últimos 20 a 30 años se ha elevado considerablemente el número de pacientes con reacciones de hipersensibilidad (Hee *et al.*, 2009). Los hongos, independientemente si están vivos o muertos, tienen en su superficie moléculas proteicas o glucoproteicas que inducen la producción de anticuerpos, especialmente IgE, por lo que pueden presentarse reacciones de hipersensibilidad tipo I, en un tiempo tan corto como 15 minutos después de haber inhalado las esporas, esto en personas que han tenido contacto previo con estas estructuras y son sensibles a ellas (Romero Valdez *et al.*, 2007).

Uno de los factores relacionados con la aparición de síntomas alérgicos, es la cantidad y el tipo de esporas en la atmósfera, lo cual a su vez, está relacionado con los parámetros meteorológicos y la época de año (Takahasi, 1997), ya que si se presentan condiciones de humedad

bajas y flujo de aire alto (época de secas), los géneros predominantes serán aquellos que tengan esporas que se dispersan con el viento. En la época del año donde hay alta humedad causada por las lluvias, se encontrarán muchas esporas de hongos que tienen mecanismos de liberación asociados a la lluvia. En zonas urbanas, la dispersión de los hongos también puede deberse a la turbulencia que generan los coches y los autobuses, aumentando el tiempo que se encuentren en suspensión en la atmósfera. Para conocer el tipo y la cantidad de esporas fúngicas presentes en el aire, pueden utilizarse varias técnicas de captura y muestreo, ya sea el impacto directo sobre medios nutritivos para que las esporas germinen, trampas o captar el material biológico del aire en un líquido para posteriormente usar biología molecular para conocer los géneros y especies que son más comunes en el aire.

Los contaminantes químicos, por otro lado, causan irritación en las vías respiratorias, piel y ojos por lo que nos hacen más susceptibles a infecciones y a reacciones alérgicas; esos contaminantes pueden ser ciertos elementos como plomo, cadmio, titanio, manganeso, zinc, azufre, que pueden causar asma, inflamación en la mucosa nasal, irritación en los pulmones y en grandes cantidades afectan la memoria y el sistema nervioso central, además, pueden combinarse entre sí y formar al azar diversos compuestos, los cuales pueden resultar altamente tóxicos para la población, animales y plantas de esas zonas. Además, estos pueden formar parte de las PUF y causar estrés oxidativo a las células, resultando en grandes daños para ellas, sobre todo a nivel del ADN.

Autores como Adhikari *et al.* (2006), sugieren que los efectos combinados

de todos los contaminantes podrían causar incrementos en la incidencia de síntomas respiratorios. Uno de los contaminantes más estudiados son las partículas generadas por escapes de diésel (Chang, 2010), las cuales pueden ejercer efectos directos en células inflamatorias o aumentar los efectos de los alérgenos en los pulmones, lo que podría hacer a los individuos más susceptibles a las enfermedades y alergias por hongos.

Actualmente existe gran cantidad de estudios epidemiológicos de la exposición de la parte química del  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  y aumento en morbilidad y mortalidad en la población, especialmente entre personas con enfermedades respiratorias, cardiovasculares y grupos de riesgo (niños de 0 a 2 años, 2 a 6 y ancianos). En México, existen Normas Oficiales Mexicanas (NOM) para la evaluación de la calidad del aire en cuanto a contaminantes químicos de la fracción de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , como

la NOM-025-SSAI-I-1993; sin embargo, son pocos los estudios que se enfocan a la cantidad y tipos de hongos en la atmósfera de la ciudad de México, así como son prácticamente nulos los que toman en cuenta las NP y PUF, por lo que es necesario que exista más investigación para caracterizar tanto a los hongos como las partículas más pequeñas.

Al conocer el tipo de esporas y los géneros de hongos presentes en el ambiente, podría predecirse su aumento en la atmósfera bajo condiciones meteorológicas específicas, y así establecer una estrategia preventiva apropiada para quienes padecen alergias (Angelosante-Bruno *et al.*, 2007), del mismo modo, podrían relacionarse con los contaminantes químicos para alertar a la población sobre su posible riesgo y proponer acciones de salud pública para controlar este problema, actualmente enfocado solamente a  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ . ■

## REFERENCIAS ■

- Adhikari, A., T. Reponen, S. A. Grinshpun, D. Martuzevicius, y G. LeMasters. (2006). "Correlation of ambient inhalable bioaerosols with particulate matter and ozone: A two-year study" en *Environmental Pollution*. núm 140, pp. 16-28.
- Angelosante-Bruno, A., L. Pace, B. Tomassetti, E. Coppola, M. Verdecchia, G. Pacioni, y G. Visconti. (2007). "Estimation of fungal spore concentrations associated to meteorological variables". en *Aerobiologia*; núm 23, pp. 221-228.
- Chang, C. (2010). "The immune effects of naturally occurring and synthetic nanoparticles". en *Journal of Autoimmunity*. núm 34, pp. J234-J246.
- Del Rio-Navarro, B. E., F.M. Ito-Tsuchiya, y B. Zepeda-Ortega. (2009). "Rinitis, sinusitis y alergia". en *Revista Alergia Mexico*. vol. 56. núm 6, pp. 204-216.

- Hee, J., J. Eun, C. Ho, S. Soo, y B. Uk. (2009). "Treatment of fungal bioaerosols by a high-temperature, short-time process in a continuous-flow system". en *Applied and Environmental Microbiology*. núm 75, pp. 2742-2749.
- Kalyoncu, F. (2009). *Relationship between airborne fungal allergens and meteorological factors in Manisa City, Turkey*. Faculty of Science & Arts, Department of Biology, Celal Bayar University. Turkey.
- Kumar, P., A. Robins, S. Vardoulakis, y R. Britter. (2010). "A review of the characteristics of nanoparticles in the urban atmosphere and the prospects for developing regulatory controls". en *Atmospheric Environment*. núm 44, pp. 5035-5052.
- Lacey, M.E. y J. S. West. (2006). *The air spore. A manual for catching and identifying airborne biological particles*. The Netherlands: Springer.
- Nowack, B. y T.D. Bucheli. (2007). "Occurrence, behavior and effects of nanoparticles in the environment". en *Environmental Pollution*. núm 150, pp. 5-22.
- Oliveira M., H. Ribeiro, J. Delgado, e I. Abreu. (2009). "Seasonal and intradiurnal variation of allergenic fungal spores in urban and rural areas of North of Portugal". en *Aerobiologia*. núm 25, pp. 85-98.
- Peyton A. (2009). "Complex interactions of pollutant and allergen exposures and their impact on people with asthma". en *Pediatrics Official Journal of the American Academy of Pediatrics*. núm 123, pp. 10.
- Romero-Valdez, J.G., Q. Pereira, R. A. Zini, y G.E. Canteros. (2007). "Reacciones de hipersensibilidad". en *Revista de Posgrado de la Vía Catedra de Medicina*. núm 67, pp 11-16.
- Takahashi T. (1997). "Airborne fungal colony-forming units in outdoor and indoor environments in Yokohama, Japan". en *Mycopathologia*. núm 139, pp. 23-33.