

# Microbios africanos de vacaciones en el Caribe

## (Polvo atmosférico y sus implicaciones para la salud humana)

**Palabras clave:** Aerobiología, deterioro ecológico ambiental, polvo de los desiertos, contaminación atmosférica, microorganismos ambientales.

**Key words:** Aerobiology, ecologic environmental deterioration, dust of desert, atmospheric contamination, environmental microorganisms

Recibido: 01/10/2007

Aceptado: 08/10/2007

Gustavo Barriga Angulo,\* Fabiola Mercado González\*

\* Laboratorio Clínico, Hospital de Infectología, Centro Médico Nacional “La Raza”, IMSS.

Correspondencia:  
Gustavo Barriga Angulo.  
Hospital de Infectología, Centro Médico Nacional “La Raza”,  
IMSS. Laboratorio Clínico Planta Baja.  
Circuito Interior s/n y Seris  
Col. La Raza

168

### Resumen

El acelerado deterioro ambiental mundial de las últimas tres décadas, caracterizado por incremento poblacional, urbanización progresiva (más del 50% de la población actual habita en ciudades); la desaparición de grandes áreas de vegetación con desertificación y erosión aceleradas (2,100 km<sup>2</sup> anuales tan sólo en China), severas sequías; han dado origen a la formación cada vez más frecuente de tormentas de polvo provenientes de las zonas desérticas, principalmente de África y Asia (tres mil millones de toneladas métricas anuales), capaces de viajar a través de océanos y continentes. Y aunque beneficiosas por sus nutrientes para las florestas del Amazonas, América Central y Hawaii, y al desarrollo de biomassas marinas, otros componentes en ellas (pesticidas, metales pesados, partículas de sílice y cristales, pólenes, detritus orgánicos, isótopos radiactivos, microorganismos e insectos), son los responsables de la destrucción de arrecifes coralinos en el Caribe; de mareas rojas en diversos océanos; de alergias y trastornos respiratorios en las Islas de Trinidad y Barbados, en donde la incidencia de asma bronquial se ha incrementado 17 veces en un lapso de 23 años, afectando hasta un 25% de su población; y de la mala calidad del aire de numerosas ciudades, principalmente de la costa este del Continente Americano. Coincidiendo con la llegada de tor-

### Abstract

Last three decades has been characterized by an a progressive urbanization, populational increase, lost of forest lands with accelerated desertification and erosion (2,100 km<sup>2</sup> annually only in China) and severe droughts generating dust torments that travel from the African and Asia deserts throw Continents and Oceans. Some components of the dust are benefitious to the forest of Amazons, Central America and Hawaii, but others like pesticides, heavy metals, crystals, radioactive isotopes, microorganisms and insects; are deleterious for the Coral Reefs of the Caribbean Islands; the quality of the air of many cities of the East Coast of United States; allergy and respiratory ailments in the Tobago and Trinidad Islands were the asthma incidence has been multiplied 17 times in the last 23 years and affect 25% of his total population, *Pseudomonas aeruginosa* has been isolated with African dust of the Virgin Islands. The exposition to torments of desert dust has been associated to Coccidioidomycosis and Hantavirus pneumonia in Western United States, and meningococcal meningitis (meningitis belt) in North Africa.

mentas de polvo de los desiertos africanos, se ha documentado el aislamiento de *Pseudomonas aeruginosa* en la atmósfera de las Islas Vírgenes; la exposición a tormentas de polvo del desierto se ha asociado con la aparición de brotes de coccidioidomicosis y neumonías por Hantavirus en el Sureste de Estados Unidos, al igual que a brotes de meningitis meningocócica en el llamado cinturón de meningitis en África del Norte

## Introducción

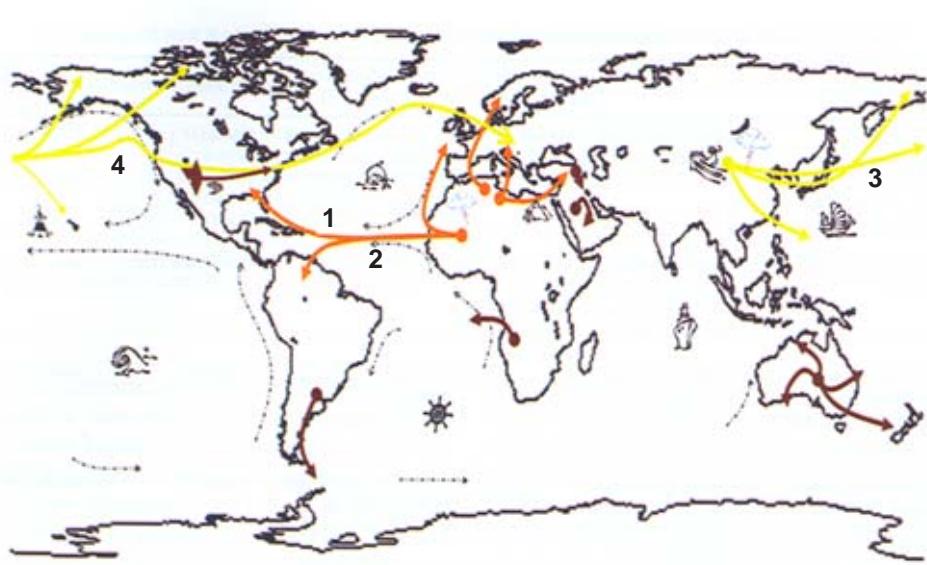
Durante las últimas décadas, nuestro planeta ha sufrido un acelerado deterioro ambiental, caracterizado principalmente por incremento de la población humana, con desaparición de grandes áreas de vegetación, aumento en la desertificación y severa degradación y erosión eólicas (2,100 km<sup>2</sup> anuales tan sólo en China). Durante el siglo pasado tres sequías a gran escala han afectado África del Norte, la primera en 1910, la segunda en 1940, y la última que se inició a finales de la década de los años 60 ha persistido hasta la fecha, a lo que se agrega una intensa actividad antropogénica con un incremento poblacional anual de 3.2% (más de un millón de habitantes por año), sedentarismo, y destrucción de la vegetación por necesidad de madera para combustible y construcción de casas. Las florestas protegidas de Senegal y Nigeria han desaparecido totalmente. El año de 1900, 15% del total de la población humana que habitaba en ciudades era de 240 millones, para 1950 la cifra era de 30% (750 millones), para 1995 de 2.5 mil millones (45%) y para el 2030 se calcula que será 65% (5 mil millones).<sup>1</sup> Los grandes desiertos del planeta, incluyendo el Sahara y Sahel en África del Norte; Gobi, Takla Makan y Badain en Asia; las regiones áridas de Estados Unidos, México, América Central, América del Sur, Australia, Sudáfrica y Medio Oriente han incrementado notablemente sus superficies; los vientos de alta energía generados en ellos resultan en la movilización y transporte de grandes cantidades de polvo a la atmósfera y en la genera-

ción de tormentas de polvo capaces de viajar a través de países, continentes y océanos y tener una dispersión global.<sup>2,3</sup>

En los meses de junio a octubre, el polvo que se origina en los desiertos africanos impacta al Caribe, América Central y Norteamérica; en los meses restantes las tormentas de polvo africanas afectan típicamente a América del Sur, Europa y Medio Oriente. Las tormentas de polvo de los desiertos de Asia ocurren de febrero a abril de cada año y, aunque de menor duración e intensidad que las africanas, son capaces de dispersarse globalmente a todo el hemisferio norte (*figura 1*).

Se estima que el movimiento actual de polvo en la atmósfera terrestre es de aproximadamente tres mil millones de toneladas métricas por año.

Aunque las partículas de polvo de los desiertos son ricas en nutrientes: hierro, fosfatos y detritos orgánicos y que son beneficiosas por incrementar las biomassas marinas y favorecer el desarrollo de las florestas del Amazonas y Hawaii, otros componentes en ellas, como pesticidas, herbicidas, metales pesados —incluyendo arsénico y mercurio, isótopos radiactivos, esporas de hongos, pólens de plantas y hierbas, detritus orgánicos, materia fecal de cabras y camellos, virus, bacterias, e insectos—, son los responsables de destrucción de arrecifes coralinos, mareas rojas, infecciones, alergias y trastornos respiratorios en humanos, afectando también la calidad del aire en numerosas ciudades adonde llegan y se depositan estos polvos.<sup>4-10</sup> En esta revisión analizaremos las evidencias más recientes de este fenómeno y sus implicaciones para la salud humana



1. En el verano, el polvo del desierto africano es transportado a través del Atlántico al Caribe y Norteamérica.
2. Durante el invierno, el polvo del desierto africano es transportado al Caribe y Sudamérica.
3. El periodo de polvo de los desiertos asiáticos dura de febrero a abril.
4. Los polvos de los desiertos asiáticos pueden viajar a todo el hemisferio norte.

Referencia: NASA's Geospatial Interoperability Office. <http://viewer.digitalearth.gov>

170

Figura I. Fuentes primarias de polvo del desierto y sus rutas atmosféricas.

## Polvo atmosférico y sus implicaciones para la salud humana

La atmósfera no se considera en general un hábitat de microorganismos, ya que sólo algunos de ellos son capaces de reproducirse en ella, cuando son transportados por el aire disminuyen su tasa metabólica y se recuperan hasta que impactan sobre un organismo o en un medio con las condiciones óptimas para crecer o infectar. Sin embargo, su presencia en la atmósfera tiene gran relevancia desde el punto de vista ecológico, por el grado de dispersión que pueden adquirir y que difícilmente lograrían siendo su hábitat primario el terrestre o el acuático. Considerando la física terrestre, las aerobacterias se asocian a núcleos de condensación, de congelación y se enriquecen con el efecto de las nieblas.<sup>11,12</sup>

La mayoría de las bacterias que penetran a la atmósfera proviene de fuentes naturales como la vegetación, el suelo y los cuerpos de agua y, en menor proporción, de las actividades antropogénicas. Su supervivencia y distribución están moduladas por factores biológicos y meteorológicos como el viento, la radiación solar, la temperatura, la humedad relativa y la química atmosférica.<sup>13</sup>

El continuo intercambio entre agua, aire y suelo obliga a incluir a la atmósfera como parte del hábitat de microorganismos y a descubrir en ella diversos factores que determinan su distribución y en donde la dispersión juega un papel muy importante

A la troposfera o atmósfera baja que corresponde a los primeros diez kilómetros por su cercanía a los ecosistemas terrestre y acuático llegan diversas partículas biológicas en sus formas es-

poruladas o vegetativas, por mecanismos activos y pasivos, distribuyéndose vertical u horizontalmente, dependiendo de la energía disponible como vientos, corrientes de convección y remolinos que les proporcionan flotación y movimiento.

En la atmósfera se pueden introducir una gran variedad de partículas de origen biológico como granos de polen, hongos, bacterias, algas, protozoarios, virus e insectos. Las actividades antropogénicas como el tráfico vehicular, las plantas de tratamiento de aguas residuales, los centros de manejo de desechos sólidos, el movimiento de animales expuestos, las prácticas agrícolas y la manipulación de compostas y abonos liberan una gran cantidad de microorganismos a la atmósfera.<sup>14</sup>

Por otra parte, los animales y el hombre constituyen una importante fuente de bacterias patógenas, las bacterias contenidas en la saliva y secreciones respiratorias se liberan en la atmósfera al hablar, toser y estornudar; la descamación de la piel y el cabello son una fuente constante de generación de virus, bacterias y hongos.

Las heces de animales y humanos pueden contaminar el suelo con microorganismos potencialmente patógenos, existiendo la posibilidad de que se suspendan en la atmósfera; es bien conocido el fecalismo al aire libre, tanto de perros domésticos como callejeros en la Ciudad de México (más de dos millones), en donde en diversas muestras de polvo se ha aislado *Escherichia coli*, constituyendo hasta un 40% del total del polvo estudiado.<sup>15-17</sup>

La presencia de bacterias en la atmósfera ha sido investigada, principalmente por su potencial patogénico para plantas y animales, incluyendo al hombre, ya que tanto las estructuras vegetales aéreas, como el tracto respiratorio humano se consideran sistemas abiertos en continuo intercambio con la atmósfera.

Algunos microorganismos pueden viajar grandes distancias y otros afectar solamente a nivel local, los microorganismos son más numerosos en la atmósfera de las ciudades (4,000 por metro cúbico) que en áreas rurales (3,400 por metro cúbico).

En general, se considera que la concentración de bioaerosoles extramuros es mayor que la existente intramuros. A pesar de ello, la posibilidad de infección para la población en ambientes externos es menor. Sin embargo, la entrada de bioaerosoles a los ambientes intramuros representa un peligro importante, sobre todo en los hospitales, en los que los pacientes con problemas inmunológicos pueden ser afectados por organismos oportunistas. Fue bien conocida la transmisión de *Bacillus anthracis* a través del envío deliberado, con fines bioterroristas, de esporas en paquetes y cartas distribuidas por correo, que contaminaron oficinas y edificios públicos, y que fueron la causa de enfermedades y muerte en varias personas en el 2001 en Estados Unidos de Norteamérica.<sup>18</sup>

Recientemente se ha investigado la diseminación de organismos patógenos a través de los océanos, analizando la dispersión de nubes de polvo provenientes de los desiertos africanos y asiáticos y que, dependiendo de los vientos y la época del año, llegan al norte de Europa, América del Norte, América Central, el Caribe, y América del Sur. Aunque el polvo ha estado volando por milenios, las nubes de polvo se han intensificado desde los años 70 después de una prolongada sequía en África. Conforme la sequía aumenta, la cantidad de polvo que cruza el Atlántico hacia el Golfo de México crece drásticamente. Florida puede esperar dos a tres tormentas de polvo africano cada verano, algunas montadas sobre huracanes. El polvo que llega a las costas es una mezcla de sílica y barro particulado fino, de menos de dos micras.

En las islas del Caribe, Trinidad y Barbados se ha demostrado claramente la conexión entre el polvo africano y la incidencia de asma que aumentó 17 veces entre 1973 y 1996, coincidiendo con el incremento en el flujo de polvo africano a esas islas, afectando actualmente a 25% de su población.

También existe conexión entre el polvo africano y las enfermedades de arrecifes coralinos caribeños, las cuales, aunque habían sido reportadas

por primera vez en 1970, sólo recibieron atención hasta finales de la década de los años 80. En 1983, el erizo herbívoro "Diadema" sufrió una mortalidad masiva en todo el Caribe. En un lapso de tres meses, toda su población había sido diezmada; las algas normalmente ingeridas por el erizo proliferaban, interfiriendo en el desarrollo de los arrecifes. En 1987, este fenómeno se extendió y afectó también a las esponjas, originando blanqueamiento de los arrecifes, lo que se ha prolongado hasta la fecha. Los registros disponibles del depósito y llegada de polvos africanos coinciden claramente con estos fenómenos.

Los mecanismos a través de los cuales el polvo africano origina este problema son diversos, pero se pueden señalar los principales:

1. Interferencias con el sistema inmunológico de los corales, haciéndolos más susceptibles a los patógenos.
2. Interferencia en su reproducción (producción de gametos, supervivencia larvaria y fertilización).
3. Incremento en el desarrollo de algas microscópicas y fitoplancton.
4. Depósito directo de organismos patogénicos para el coral, como *Aspergillus sydowii*.

172

Diversos estudios llevados a cabo en ambientes urbanos y suburbanos han demostrado claramente que los efectos de las tormentas de polvo de los desiertos se deben a las partículas antropogénicas generadas a través de la combustión automotiva e industrial, por ejemplo, metales pesados como el hierro, mercurio y arsénico; diversos pesticidas, herbicidas, partículas de sílice y de cristal, esporas de hongos, pólenes de árboles, plantas y hierbas; detritus orgánicos, virus, bacterias e insectos, los cuales son atrapados y transportados en las nubes de polvo. Las tormentas de polvo provenientes de los desiertos asiáticos toman de siete a nueve días para cruzar el Océano Pacífico, mientras que las de la costa oeste de África requieren de tres

a cinco días para alcanzar las costas de América y del Caribe.<sup>20-30</sup>

Los conceptos erróneos de que los suelos de los desiertos no son adecuados para la supervivencia de organismos microbianos y de que la mayoría de los microorganismos no sobreviven el transporte atmosférico por efecto de la radiación ultravioleta, desecación y bajas temperaturas, han sido descartados. Numerosas investigaciones han demostrado que la mayoría de los microorganismos sobreviven en las arenas de los desiertos y son movilizados por la atmósfera y transportados de manera viable en una escala global.

Los virus, al igual que las bacterias, normalmente son introducidos a la atmósfera a través de desechos de origen humano y animal. Sin embargo, su presencia como partículas individuales en el aire es rara. Su detección e identificación en muestras de aire es complicada, por lo que la mayoría de las evidencias de su presencia en bioaerosoles se han establecido mediante estudios epidemiológicos en veterinarios.

Existen reportes de la presencia del virus de la rabia en grutas habitadas por murciélagos, y de diversos enterovirus (echovirus, poliovirus y coxsackie virus) en muestras de aire obtenidas de sitios de riego con aguas negras; al igual que la transmisión en un rango intermedio de los Hantavirus en el sudeste americano a través de las excretas de roedores infectados aerosolizados en períodos de sequía. Se ha demostrado también la transmisión a través del polvo de desiertos africanos de la enfermedad pata-boca en Corea, Japón y Europa, al igual que de Francia a Inglaterra a través del canal inglés, y de Alemania a Dinamarca a través del Mar Báltico. Utilizando un modelo matemático, atmosférico, climático y topográfico, Sorensen calcula que 1,000 cerdos afectados por este virus pueden infectar al ganado a 300 kilómetros a la redonda a través del aire.

El virus del síndrome de insuficiencia severa respiratoria, un coronavirus, se ha transmitido de edificio a edificio a través del aire. Algunos auto-

res han desarrollado la hipótesis de la transmisión aérea del virus de la influenza humana de Asia al Continente Americano, que podría ocurrir en los meses de invierno, dados los patrones paralelos de vientos sobre el Pacífico y la baja dosis requerida del virus para la infección.<sup>31-37</sup>

Las bacterias pueden producir endosporas que les confieren resistencia contra los cambios ambientales, las diversas temperaturas y la congelación. Aunque la mayoría de las bacterias esporuladas son anaeróbicas estrictas, las hay facultativas. Las esporas pueden ser transportadas a grandes distancias y dispersadas por el viento.

La asociación más conocida ligada a tormentas de polvo y enfermedad humana de origen microbiano son los brotes de meningitis debidos a *Neisseria meningitidis* que ocurren en el llamado Cinturón de Meningitis en el norte de África y que ocurren en la región de Sahel en los meses de febrero a mayo de cada año, afectando hasta 200,000 individuos. Las condiciones atmosféricas durante este periodo se caracterizan como secas y con frecuentes tormentas de polvo. Los brotes cesan cuando se inician las lluvias, se han obtenido aislamientos viables en muestras de polvo en Kuwait de *Neisseria meningitidis*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus circularis*, *Bacillus licheniformis*, *Pantoea agglomerans*; y en la atmósfera de las Islas Vírgenes se ha aislado *Pseudomonas aeruginosa*, proveniente de polvo africano.<sup>38-40</sup>

Al igual que las bacterias, los hongos son capaces de producir esporas, lo que les permite sobrevivir y transportarse en el aire; las esporas están cubiertas de proteínas hidrofóbicas que las protege de la radiación ultravioleta y la desecación. La cantidad típica de hongos encontrada en un gramo de polvo del desierto se estima en  $1.5 \times 10^6$ . Se han recuperado hongos viables a altitudes extremas en la atmósfera; las mayores concentraciones se presentan en las regiones tropicales y templadas (106 especies por metro cúbico de aire) y de 104 en ambientes desérticos.

La presencia de polvo del desierto en la atmós-

fera resulta en el aumento de la concentración de hongos cultivables en comparación con condiciones de atmósfera clara. La comunidad de hongos asociada al polvo es muy diversa y en 10 estudios publicados sobre el cultivo de polvo de tormentas provenientes de desiertos de Sahara, Medio Oriente, Arabia Saudita, Gobi y Takla Makan, realizados en Israel, Turquía, Barbados, Taiwán, Islas Vírgenes, África, Malí y Atlántico Septentrional se ha reportado la presencia de 29 géneros y 42 especies de hongos patogénicos.<sup>40-42</sup> *Coccidioides immitis* es el patógeno humano mejor conocido asociado a tormentas de polvo del desierto. Existen numerosos reportes de brotes de *Coccidioidomycosis* después de tormentas de polvo, o en personas que viajaron en globos aerostáticos en la zona endémica.<sup>44</sup> *Histoplasma capsulatum* se ha asociado también a la exposición con aire contaminado que contiene esporas provenientes de las heces de aves y murciélagos.<sup>45</sup>

A través del tiempo se han reportado numerosos casos de neumonía de etiología desconocida en poblaciones expuestas a tormentas de arena del desierto, especialmente en personal militar. En 15,459 personas entrevistadas que fueron a Afganistán e Irak en 2003 y 2004, 69.1% reportó haber padecido alguna forma de enfermedad respiratoria. La neumonía adquirida por exposición a tormentas de polvo ha sido denominada como: síndrome del Golfo Pérsico, síndrome de la Guerra del Golfo, síndrome de la Guerra del Golfo Pérsico, neumonitis por polvo del desierto. Además de neumonía, el personal militar manifiesta fatiga, fiebre, mioneuropatías y alteraciones neurológicas.<sup>46</sup>

173

## Obtención de muestras para estudio

Los laboratorios de patología clínica requerirán cada vez más frecuentemente realizar estudios para determinar las partículas suspendidas en la atmósfera. Existen diferentes tipos de muestrae-

dores, algunos han sido diseñados para el muestreo del polvo o partículas no viables, mientras que otros se usan exclusivamente para la obtención de bioaerosoles o microorganismos,<sup>47</sup> describiremos los más utilizados:

**Impactadores.** El principio de colecta por impactación se basa en la tendencia de una partícula a desviarse del flujo de aire debido a la inercia, cuando la corriente de aire se curva al pasar por una superficie sólida o semisólida. Las partículas se separan de la corriente de aire y se impactan sobre la superficie.

**Impactador de cascada.** Dentro de esta clase de muestreadores, el más usado en los estudios aerobiológicos es el impactador para partículas viables Andersen (Graseby, Atlanta, GA). Este equipo está constituido por una serie de seis placas de aluminio, cada una con 400 orificios cuyo diámetro disminuye sucesivamente, por lo que la velocidad del aire se incrementa de una etapa a la siguiente. Succión un flujo de aire de  $28.3 \text{ L min}^{-1}$  ( $1 \text{ pie}^3$ ) por medio de una bomba de vacío. Las partículas que son acarreadas en la corriente de aire con un diámetro aerodinámico entre  $> 15$  a  $1 \mu\text{m}$ , son separadas por su tamaño en seis fracciones al pasar por las placas perforadas. Las partículas de una masa mayor son depositadas en la etapa superior, mientras que las partículas más pequeñas, capaces de mantenerse en el flujo de aire a baja velocidad, son transportadas sucesivamente a mayor velocidad y se impactan sobre la superficie de colecta de las siguientes etapas. Bajo cada placa se coloca una caja de Petri con agar, en cuya superficie se desarrollarán las partículas viables.

Existe una versión del impactador de cascada Andersen de dos etapas, cada una con 200 orificios. Al igual que el muestreador anterior, succiona un flujo de aire de  $28.3 \text{ L min}^{-1}$  y las partículas son separadas en las fracciones respirables y no-respirables. La etapa superior corresponde a las placas 1 y 2 del muestreador de seis etapas y la inferior a las etapas 3 a 6.

**Muestreadores de una etapa.** Existen diferentes modelos de muestreadores de una etapa. El muestreador portátil Burkard (Richmansworth, England) colecta las partículas suspendidas con un flujo de aire de  $10 \text{ L min}^{-1}$  a través de una placa perforada con 100 orificios. Se recomienda el uso de este equipo para la colecta de partículas  $< 5 \mu\text{m}$  de diámetro, con eficiencia  $> 95\%$ . El muestreador N6-Andersen, el cual es una adaptación del equipo de seis etapas, sólo usa la sexta etapa del muestreador. El uso de los impactadores de una etapa es más económico en términos del número de placas de agar requeridas y del tiempo empleado en el procesamiento de las muestras; sin embargo, presenta la desventaja de no fraccionar la muestra por tamaños.

**Impactadores en líquido (Impingers).** En este equipo de muestreo, el aire succionado con una bomba de vacío se colecta directamente sobre un medio líquido. La mayoría de los impingers están hechos de vidrio Pirex, con una sola cámara de colecta y un conducto para la succión del aire, el cual cuenta con un orificio crítico que determina la velocidad del flujo de aire.

Uno de los modelos es el AGI-30 (all-glass impinger), en el cual el flujo de aire llega a 30 mm de la base del muestreador. Esto incrementa la eficiencia del muestreo de partículas viables, ya que reduce la velocidad a la que son impactadas y disminuye el daño causado por el contacto con la base del muestreador. Este equipo funciona con un flujo de aire de  $12.5 \text{ L min}^{-1}$  y generalmente se usan 20 mL de medio de colecta. La ventaja de este muestreador es que se puede realizar una serie de diluciones del líquido de colecta cuando la concentración de microorganismos es muy alta.

El empleo de este tipo de equipo no se ha reducido únicamente a la colecta de partículas fúngicas y bacterias suspendidas en el aire, se ha empleado exitosamente en la colecta de algas, amibas de vida libre, virus y recientemente se ha utilizado el líquido de colecta en la detección de diversos microorganismos por medio de la téc-

nica de la reacción en cadena de la polimerasa. El método de PCR es rápido y sensible, por lo que puede ser usado como una alternativa para la evaluación de la calidad del aire.

**Impingers con fraccionamientos de tamaño.** En 1960, May diseñó un muestreador que combina las ventajas de colectar las partículas suspendidas dentro de un medio líquido, con la de fraccionar las partículas por su tamaño. Este muestreador es conocido como MSLI (*Multistage all glass Liquid Impinger*) y se presenta en tres tamaños que colectan 55, 20 y 10 L min<sup>-1</sup> por medio de una bomba de vacío. Las partículas suspendidas en la corriente de aire se separan en tres fracciones, que corresponden por su tamaño, a su depósito en la región extra-torácica, bronquial y alveolar del tracto respiratorio.

Una alternativa al uso de MSLI, es el impactador en líquido Burkard, el cual al igual que el muestreador anterior separa las partículas en tres fracciones (> 10 µm; 10-4 µm; < 4 µm) con base en su diámetro aerodinámico (DA). La ventaja de este equipo es que está fabricado en aluminio, por lo que su diseño es más exacto, y existe un riesgo menor durante los muestreos, ya que es menos frágil.

La colecta de microorganismos por centrifugación permite la creación de un torbellino que produce que las partículas suspendidas en el aire se impacten sobre la superficie de colecta. El muestreador más común de este tipo es el Biostest RCS (*Reuter Centrifugal Air Sampler*; Alemania). El aire es succionado por el rotor del muestreador, que al girar crea una fuerza centrífuga y ocasiona la impactación de las partículas. Sobre las paredes de la cámara se coloca una tira plástica con agar en la que se desarrollarán las colonias de microorganismos, después de ser retirada del equipo e incubada a la temperatura adecuada. El motor funciona por medio de baterías y succiona un flujo de aire de 40 L min<sup>-1</sup>. Es un equipo pequeño y de fácil manejo, por lo que su uso se ha popularizado, especialmente en la evaluación de

la calidad microbiológica de ambientes hospitalarios. Sin embargo, no es un equipo recomendado para el muestreo de ambientes ocupacionales, ya que la superficie de las tiras de agar se saturan fácilmente.

## Referencias

1. Barriga AG. La globalización de las enfermedades infecciosas. *Rev Med IMSS* 2003; 41 (5): 369-371.
2. Griffin DW, Kellogg CA, Garrison VH, Shinn EA. The global transport of dust. *Am Sci* 2002; 90: 228-235.
3. Griffin DW, Kellogg CA, Shinn EA. Dust in the wind; long-range transport of dust in the atmosphere and its implication for global public and ecosystem health. *Glo Change Hum Health* 2001; 2: 20-33.
4. Griffin DW, Garrison VH, Herman JR, Shinn Ell. African desert dust in the Caribbean atmosphere; microbiology and public health. *Aerobiologia* 2001; 17: 203-213.
5. Griffin DW, Kellogg CA, Garrison VH, Lisle JT, Borden TC, Shinn EA. African desert dust in the Caribbean atmosphere; microbiology and public health. *Aerobiologia* 2003; 19: 143-157.
6. Moulin C, Lambert EE, Dulac F, Dayan G. Control of atmospheric export of dust from North Africa by the North Atlantic Oscillation. *Nature* 1997; 387: 691-694.
7. Perry KD, Cahill TA, Eldred RA, Autcher PD. Long-range transport of North African dust to the Eastern United States. *J Geophys Res* 1997; 15: 917-927.
8. Swap R, Ulanski, Cobbett M, Garstang M. Temporal and spatial characteristics of Saharan dust outbreaks. *J Geophys Res* 1996; 101: 4205-4220.
9. Wilkening KE, Barrie LA, Engle M. Transpacific air pollution. *Science* 2000; 290: 65-67.
10. Griffin D. Atmospheric movement of microorganisms in clouds of desert dust and implications for human health. *Clin Microbiol Rev* 2007; 20 (3): 459-477.
11. Worzler SA, Botts, Gruber K, Diehl S, Maser M. The influence of biologic aerosol particles on cloud microphysics: numerical case studies using new experimental data. *Jour Aeros Scien* 1999; 5811-5812.
12. Fuzzi S, Mandriol P, Perfetto A. Fog droplets an atmospheric source of secondary biological aerosol particles. *Atmospheric Environment* 1997; 31: 267-290.
13. Hughes K. Aerial dispersal and survival of sewage derived fecal coliforms in Antartics. *Atmospheric Environment* 2003; 37 (22): 3147-3155.
14. Aguirre D, Irwin M. Aerial dispersal of pests and pathogens: implications for integrated pest management. *Agricul Forest Meteor* 1999; 97: 233-234.
15. Rosas I, Salinas E, Yela A, Calva E, Eslava C, Cravioto A. *Escherichia coli* in settled dust and air samples collected in residential environments in Mexico City. *Applied Environno Microb* 1997; 63 (10): 4093-4095.
16. Rosas I, Mc Cartney H, Payre R, Calderon C, Lacey S, Chapela R, Ruiz VS. Analysis of the relationships between environmental factors (aeroallergens, air pollution and weather) and asthma emergency admissions to a hospital in Mexico City. *Allergy* 1998; 53: 394-401.
17. Rosas J, Calderon C, Salinas E, Martinez L, Alfaro M, Milten DK, Osornio V. Animal and worker exposure to dust and biological

- particles in animal care houses. *Aerobiología* 2001; 17: 49-59.
18. Barriga AG. Bioterrorismo. Los primeros casos. *Rev Mex Patol Clin* 2002; 49 (3): 125-129.
  19. Garrison VH, Shinn EA, Foreman WT, Griffin DW, Holmes ChW, Kellogg AC, Majewski MS, Richardson LL, Ritchie AR, Smith GW. African and Asia Dust: From desert soils to Coral Reefs. *Bio-Science* 2003; 53 (5): 469-480.
  20. Griffin DW, Kellogg CA. Dust Storms and their impact on ocean and human health. *Eco Health* 2004; 1: 284-295.
  21. Shinn EA, Smith GW, Prospero JM, Betzer P, Hayes ML, Garrison V, Barber RT. African dust and the demise of Caribbean Coral Reefs. *Geo Res* 2000; 27: 3029-3032.
  22. Perkins S. Dust the thermostat. *Science News* 2001; 160: 200-201.
  23. Smith CW, Ives LD, Nagolkerken IP, Ritchie KR. Caribbean seafan mortalities. *Nature* 1996: 283-487.
  24. Walsh JJ, Steidinger KP. Sahara dust and Florida red tides; The Cyanophyte connection. *Geophys Res* 2001; 106 (11): 597-612.
  25. Griffin DW, Kellogg CA, Shim EA. Dust in the wind: Long range transport of dust in the atmosphere and its implications for global public and ecosystem health. *Global Change Human Health* 2001; 2: 2-15.
  26. Prospero JM. Long-Term measurements of the transport of African mineral dust to the Southeastern United States; Implications for regional air quality. *J Geophys Res* 1999; 104: 15917-15927.
  27. Howitt ME, Narbu R, Roade TC. The prevalence of childhood asthma and allergy in Barbados. The Barbados National Asthma and Allergy Study. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 157: A624.
  28. Gyan KW, Henry S, Lacaille A, Laloo C, Lawesee EE, McKays S, Antonio PM, Montiel MA. African dust clouds are associated with increased pediatric asthma accident and emergency admissions on the Caribbean Island of Trinidad. *Int J Biometeorol* 2005; 49: 371-376.
  29. Howitt ME. Asthma management in the Caribbean an update. *Post Grad Doctor Caribb* 2000; 16: 86-104.
  30. Laden FL, Neas N, Dockery AW, Schwanz J. Association of fine particulate matter from different sources with daily mortality in six US cities. *Environ Health Perspect* 2000; 108: 941-947.
  31. Donalson Al, Alexandersen S. Predicting the spread of Foot and Mouth disease by airborne virus. *Rev Sci Techn Int Epizoot* 2002; 21: 569-575.
  32. Gloster J. Risk of airborne spread of Foot and Mouth disease from the continent to England. *Vet Rev* 1982; 111: 290-295.
  33. Gloster J, Sellers RF, Donaldson A. Long distance transport of Foot and Mouth disease virus over the sea. *Vet Rev* 1982; 110-4752.
  34. Mikkelsen TS, Alexander P, Astrup HJ, Champion A, Donaldson FN, Dunkerley J, Gloster JH, Sorensen JA, Thyrer N. Investigation of airborne Foot and Mouth disease virus transmission during low-wind conditions in the early phase of the VK 2001 epidemic. *Atmosphere Chem Phys* 2007; 3: 2101-211.
  35. Sorensen JA, Mackay DK, Jenen CO, Donaldson Al. An integrated model to predict the atmospheric spread of Foot and Mouth disease virus. *Epidemiol Infect* 2000; 124: 577-590.
  36. Hammond GW, Radadatz RL, Gelshey DE. Impact of atmospheric dispersion and transport of viral aerosols on the epidemiology of influenza. *Rev Infect Dis* 1999; 11: 494-497.
  37. Yu IT, Li SY, Wong TW, Taro W, Phil M, Chan AT, Lee JHW, Levy YC, Ho T. Evidence of airborne transmission of the severe acute respiratory syndrome virus. *N Engl J Med* 2004; 350: 1731-1739.
  38. Sultan B, Labadi K, Guegan JF, Janicot S. Climate drives the meningitis epidemics onset in West Africa. *Plos Med* 2005; 2: e6.
  39. Molesworth AM, Cuevas LE, Conner SJ, Morse AP, Thomson MC. Environmental risk and meningitis epidemics in Africa. *Emerg Infect Dis* 2003; 9: 1287-7293.
  40. Lyles MB, Fredrickson HL, Bednar AJ, Fannin HB, Subecki TM. The chemical, biological and mechanical characterization of airborne micro-particulates from Kuwait. *Abst. 8th Ann Force Health Protect Conf* 2005: session 2586, Louisville, K.Y.
  41. Prospero JM, Blades E, Mathison G, Nardu P. Interhemispheric transport of viable fungi and bacteria from Africa to the Caribbean with soil dust. *Aerobiologia* 2005; 21: 1-19.
  42. Wu PC, Tsai JC, L FC, Lung SC, Su HJ. Increased levels of ambient fungal spores in Taiwan are associated with dust events from China. *Atmosph Enviro* 2004; 38: 4879-886.
  43. Crum NT, Potter M, Pappagianis D. Seroincidence of Coccidioidomycosis during Military Desert Exercises. *J Clin Microb* 2004; 42 (10): 4552-4555.
  44. Odds F. Coccidioidomycosis: flying conidia and severes heads. *Mycologist* (2003); 17: 37-40.
  45. Morgan JM, Cano V, Deibran BP, Phelan M et al. A large outbreak of histoplasmosis American travelers associated with a hotel in Acapulco, Mexico. *Am J Trop Med Hyg* 2001; 69: 663-661.
  46. Haley RW, Kurt TC, Hem J. Is there a Gulf War Syndro. *JAMA* 1997; 277: 215-222.
  47. Dowd SE, Maser RM. Aeromicrobiology. San Diego, Cal: Academic Press, 2000.