



Revista de  
**Medicina e  
Investigación**

www.elsevier.es



## ARTÍCULO DE REVISIÓN

# Aspectos físicos, químicos y biológicos de la contaminación hospitalaria

L. Sandoval-Flores\*

Facultad de Química, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Méx., México

### PALABRAS CLAVE

Contaminación;  
Aerosoles; Estática;  
México.

**Resumen** La electricidad estática o estática es un fenómeno físico-químico que se presenta en las partículas y superficies de un sistema dinámico, como lo es el ambiente hospitalario. Mediante el intercambio de cargas, los contaminantes pueden ser atrapados y distribuidos por todas las áreas, pudiendo ser la causa de alteración del estado de salud del personal y de los pacientes, alterando la respuesta del tratamiento o causando enfermedades hospitalarias, como es el caso de las infecciones nosocomiales (IN).

### KEYWORDS

Pollution; Aerosols;  
Static; Mexico.

### Physical, chemical, and biological aspects of hospital pollution

**Abstract** Static or static electricity is a physicochemical phenomenon that occurs in the particles and surfaces of a dynamic system such as the hospital environment. Contaminants can be caught and distributed to all areas through the exchange of charges. This could be the cause of alteration of the health of staff and patients. It could also alter the response of a particular treatment or even cause hospital acquired infections such as nosocomial infections.

2214-2134 © 2014. Universidad Autónoma del Estado de México. Publicado por Elsevier México. Todos los derechos reservados.

## Introducción

La contaminación hospitalaria es compleja en función de la diversidad de actividades, el tamaño de su comunidad, la pluralidad de personal involucrado, la infinidad de materiales químicos que maneja en forma de: medicamentos;

materiales para prevención, curación, atención y tratamiento; productos de limpieza; desinfectantes; materiales para diagnóstico clínico y de laboratorio, entre otros. Se suma la condición multifactorial que permite que la contaminación represente un riesgo para la condición de la salud humana intrahospitalaria.

\* Autor para correspondencia: Paseo Colón esq. Paseo Toluca s/n, Colonia Residencial Colón, C.P. 50120, Toluca, Méx., México. Correo electrónico: lilisf@hotmail.com (L. Sandoval-Flores).

## Antecedentes

En latín *hospital* “hospitalis” es un adjetivo que quiere decir amable y caritativo con los huéspedes.

Para la Organización Mundial de la Salud (OMS), el hospital es parte integrante de una organización médica y social cuya misión consiste en proporcionar a la población una asistencia médico-sanitaria completa, tanto curativa como preventiva, y cuyos servicios externos irradian hasta el ámbito familiar.

El hospital, también es un centro de formación de personal médico-sanitario y de investigación biosocial, según Alippi (1991). El trabajador y el paciente deben permanecer en condiciones óptimas garantizadas por el diseño y mantenimiento adecuado de las instalaciones del hospital, que a su vez tendrá que estar dentro de una Organización, de acuerdo a Urdaneta (2004)<sup>1</sup>.

El *ingreso a un hospital*, de personas con problemas de salud, a veces entre la vida y la muerte, conlleva al mismo tiempo la entrada de familiares preocupados, en la mayoría de los casos estresados y sufriendo junto con su paciente el proceso de una enfermedad, situación que desencadena una serie de efectos indeseables y contraproducentes para los objetivos del lugar, garantizar un ambiente adecuado para proteger la salud y la vida de los pacientes incluyendo todo el personal involucrado.

**Justificación:** Una *infección nosocomial* (IN) se puede definir como una infección contraída en el hospital por un paciente internado por una razón distinta de esa infección (OMS, 2003)<sup>2</sup>. Como se observa, el problema sólo identifica y considera a los agentes microbianos.

A pesar del progreso alcanzado en la atención hospitalaria, las IN se mantienen como un problema de magnitud considerable tanto en países desarrollados como en aquellos carentes de recursos. La ocurrencia y desarrollo clínico de las IN se ven influenciadas por *muchos factores*, como la vulnerabilidad de los pacientes, los factores ambientales, los agentes microbianos y su resistencia a los antibióticos. Estos factores de riesgo de IN son bastante conocidos y pueden ser identificados si existen mecanismos eficientes en las instituciones de salud, “por lo que la gran parte de las IN podrían ser prevenidas y controladas”. Cabe hacer énfasis que nuevamente, en esta premisa sólo se consideran las infecciones nosocomiales en el contexto de enfermedades adquiridas en el hospital<sup>3</sup>.

## ¿Conocemos lo suficiente para controlar la contaminación en el ambiente hospitalario?

La *contaminación* es bastante fácil de definir. Básicamente, es la introducción de un agente contaminante dentro de un medio natural, causando inestabilidad, desorden y también daños en el ecosistema.

El *tipo de contaminante* puede variar, incluyendo sustancias químicas, partículas, microorganismos, energía, sonido, calor o luz y otros, como estrés, factores psicológicos, sociales o socio-organizativos. Generalmente, el origen de la contaminación está en la mano del hombre.

Una definición de *ambiente* es lo que rodea a las personas o cosas (atmósfera) y *medio ambiente*, el conjunto de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire) y bióticos (organismos vivos), que integran la delgada capa de la

Tierra llamada biosfera, sustento y hogar de los seres vivos. El ambiente del hospital es entonces todo lo que quede dentro del espacio: elementos abióticos y bióticos, y del poder del hospital como institución particular.

En las últimas décadas se ha demostrado en los hospitales el rol que juega el aire sólo en la transmisión de microorganismos, a pesar de que en las enfermedades ocupacionales (LFT) se identifican contaminantes químicos que son sustancias orgánicas e inorgánicas, naturales o sintéticas que durante las diferentes actividades se generan y pueden incorporarse al ambiente o aire en diferentes presentaciones como partículas químicas de polvos, humos, gases, vapor, niebla, olores o aerosoles; además de otros contaminantes físicos como las radiaciones ionizantes y no ionizantes, con efectos probables de lesionar la salud y bienestar de las personas; se suma la influencia de otros factores ambientales como la temperatura, luz solar, presión positiva y negativa y la humedad relativa, que afectan no sólo a la salud, sino también a la respuesta metabólica de los organismos.

Las enfermedades ocupacionales ocurren por el contacto de 8 horas de trabajo con los contaminantes que se generan en un ambiente, se considera que aplica en un hospital para quienes desempeñan un trabajo, al personal médico, de enfermería, de intendencia, mantenimiento, administrativo y autoridades; de igual manera a quienes incurren por un tiempo o por frecuencia recurrente o esporádica a servicios de alguna atención como de visita y en mayor consideración quienes permanecen por tiempo continuo (hospitalizados) por varios días, incluso semanas o más, con problemas de salud en quienes los contaminantes pueden hacer sinergia en el problema y complicar, dificultar o alargar el tratamiento.

De lo anterior, se infiere la dificultad de monitorear y analizar completa y sistemáticamente la contaminación total en un ambiente como el hospitalario.

En la lista de enfermedades ocupacionales de la OIT 2010, la clasificación destaca 72 enfermedades causadas por agentes químicos, 20 por agentes físicos, 12 por agentes biológicos, 2 por trastornos mentales y del comportamiento<sup>4</sup>.

En México, la tabla de enfermedades de trabajo de la Ley Federal del Trabajo de 1970, Art. 513 reformado en 2012, configura en 11 apartados 161 enfermedades ocupacionales: 22 enfermedades provocadas por microorganismos (infecciosas), 122 por agentes químicos (en sus diferentes formas), 5 por agentes físicos y 6 de otro origen como enfermedades endógenas<sup>5,6</sup>.

**Objetivo:** *Identificar aspectos físicos, químicos y microbiológicos en la contaminación ambiental en el hospital.*

A pesar de su rol de promotores de la salud, los hospitales y otras instituciones de la salud utilizan un número sorprendente de productos químicos muy tóxicos en sus establecimientos, incluyendo medicamentos, solución para diagnósticos, antígenos para pruebas, limpiadores, desinfectantes, plaguicidas, antibióticos y fragancias químicas, entre otros<sup>7</sup>. Estos compuestos orgánicos e inorgánicos volátiles contribuyen a una mala calidad del aire interior, y están asociados a una gran cantidad de problemas de salud.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por su siglas en inglés) estima que la contaminación del aire interior (en 0.0283 m<sup>3</sup> puede contener 1,000,000 de partículas  $\geq 0.5 \mu\text{m}$ ), es uno de los 5 principales riesgos para

la salud pública, causando potencialmente irritación de ojos, nariz, garganta, dolor de cabeza, pérdida de coordinación, náusea, cáncer y daño en el hígado, los riñones y en el sistema nervioso central. En los trabajadores de la salud, se ha identificado también un preocupante aumento en el número de problemas respiratorios, en consecuencia, se tendrá en consideración que todo lo que se encuentre “limpio y seco” no implica ausencia de contaminación biótica o abiótica, que puedan provocar problemas o complicaciones del estado de salud en las personas y en los pacientes<sup>7-9</sup>.

### ¿Cuáles son los aspectos físicos, químicos y biológicos de la contaminación?

La norma Federal Standard 209E, la Británica BS 5295 y la ISO 14644-1, definen un cuarto limpio como una habitación cuya concentración de partículas en el aire es controlada para límites específicos, elaborada y utilizada de manera que se minimice la introducción, generación y retención de partículas en el interior del cuarto, y donde la temperatura, humedad, patrones de flujo de aire, movimiento del aire y presión son controlados.

Las partículas pueden ser insolubles, se acumulan en las vías respiratorias, y solubles, en función de su toxicidad puede causar envenenamiento sistémico; se presentan en forma de: nieblas, polvos y humos, niebla ácida, gases, fibras y cenizas. Los contaminantes se presentan entonces como moléculas: gases o vapor, y aerosoles: partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire.

Las partículas con un diámetro superior a 100 micras caen con rapidez en un cuarto de 2.5 m de altura; las de 50 micrones podrían tomar 60 segundos, no quedan suspendidas en el aire como riesgo respiratorio y no se pueden inhalar; mientras que una partícula de un micrón, podría tomar 15 horas para que se asiente. Las partículas de menor tamaño quedan suspendidas por días o semanas. Las partículas tamaño  $\leq 50 \mu\text{m}$  son inhalables, las de  $10\text{-}50 \mu\text{m}$  se retienen en nariz y garganta y las  $\leq 5 \mu\text{m}$  se denominan “respirables”, puesto que pueden llegar hasta los alvéolos pulmonares.

Las partículas o material particulado se pueden generar, entre otros, al frotar un elemento contra otro, como el polvo que se produce cuando se corta un pedazo de madera, al fragmentar un medicamento como las tabletas o preparar una suspensión medicamentosa.

Los seres humanos despedimos miles de partículas inertes y también viables con la muda continua de piel muerta. Los motores eléctricos generan partículas cuando sus dispositivos frotan contra los componentes giratorios. Los plásticos liberan partículas inertes cuando se exponen a la luz UV.

La fuente de contaminación química, puede ser externa por la polución de aire en general, de la tierra cuando el aire las levanta o de tormentas de polvo. El origen interno se da del aire; de los equipos y aparatos; de los procesos químicos en la limpieza, preparación de soluciones, dosis de medicamentos para tratamientos; en los procesos físicos como la ventilación o calefacción; en los procesos biológicos como la atención de heridas infectadas, manejo de muestras infectadas, de la vacunación, y de residuos peligrosos químicos y residuos peligrosos biológico infecciosos; igual de importante la fuente de contaminación del personal de la salud como pacientes y familiares. Siendo esta

contaminación ambiental compleja, la condicional de las actividades de cuidado, prevención y atención de la salud.

Una persona en un cuarto limpio, aún después de un baño de aire puede desprender entre 1,000,000 y 10,000,000 de partículas/minuto, y el número se incrementa cuando la persona está en movimiento<sup>8-10</sup>.

Cabe preguntarse ¿Cómo esta contaminación de partículas abióticas y bióticas *puede diseminarse y ser una causa potencial de afectación a la salud?* Analizaremos la importancia que representan las cargas electrostáticas en este proceso.

La electricidad estática es un fenómeno que se debe a una acumulación de cargas eléctricas en un objeto (fig. 1). La electricidad estática se produce cuando ciertos materiales se frotan uno contra el otro, como lana contra plástico o las suelas de zapatos contra la alfombra o el suelo, así como las partículas sólidas, líquidas, gases o microorganismos donde el proceso de frotamiento causa que se retiren los electrones de la superficie de un material y se reubiquen en la superficie del otro material, que ofrece niveles energéticos más favorables.

Es indiscutible, apreciar en superficies, la generación de electricidad estática con carga estática que causa atracción de partículas sólidas con los consiguientes problemas de acumulación de suciedad (polvo) o contaminantes en estas superficies, tanto en oficinas como en consultorios, área de hospitalización o quirófanos<sup>9-11</sup>.

### ¿Cuáles son los fundamentos físicos y químicos de la electricidad estática en la contaminación hospitalaria?

El término “electricidad” define, en general, un fenómeno físico-químico asociado al movimiento de electrones a través de un determinado material. Básicamente, es posible distinguir 3 tipos:

*Electricidad por corriente alterna:* la que utilizamos suministrada por las compañías eléctricas.

*Electricidad por corriente continua:* generada por las pilas, las baterías, los acumuladores, etc.

*Electricidad estática* (fig. 1): es un tipo de energía que resulta de un exceso de carga eléctrica que acumulan determinados materiales, normalmente por rozamiento.



Figura 1 Electricidad estática.

En química, los principios de la teoría atómica moderna afirman que toda la materia está conformada de átomos (fig. 2) y éstos, constituidos básicamente por 3 tipos de partículas: *los protones* (con carga eléctrica positiva), *los electrones* (con carga eléctrica negativa) y *los neutrones* (sin carga eléctrica). Con esta estructura, los átomos tienden al equilibrio y adoptan una distribución espacial de forma que los protones se sitúan junto con los neutrones en el núcleo atómico, mientras que los electrones se mueven vertiginosamente sin una posición fija alrededor de ellos.

Sin embargo, la energía calorífica producida y la velocidad de desplazamiento por la fricción que se imparte a los átomos superficiales es que entonces liberan electrones, así, esta estructura ideal sufre pequeñas modificaciones.

Aunque evidentemente, la diferencia en el comportamiento de los materiales respecto del desplazamiento de las cargas en su seno, depende del tipo de átomos que forman su estructura atómica. Pero, ¿cómo un material en principio eléctricamente neutro se puede cargar de electricidad estática? Para explicarlo de manera sencilla, es preciso tener en cuenta que existen 3 formas básicas de producir cargas estáticas en los materiales.

Así, la electricidad estática se genera *por contacto*, un material neutro adquiere una determinada carga eléctrica al ponerse físicamente en contacto con otro material previamente electrizado, ambos quedan cargados con el mismo signo; *por fricción*, (fig. 3), proceso mecánico de frote entre 2 materiales diferentes con intercambio electrónico entre ambos, provocado por su diferente capacidad para retener a los electrones superficiales, uno queda cargado negativamente con más electrones y el otro positivamente con menos; o *por inducción* donde no es necesario el contacto, un cuerpo previamente cargado eléctricamente puede inducir en objetos cercanos una separación selectiva de cargas, alterando su neutralidad eléctrica original y provocando una redistribución de sus cargas.

Sin embargo, si un material se carga de electricidad estática y no puede disiparla por encontrarse aislado, puede acumular gran cantidad de carga electrostática en su superficie y puede liberarse en forma de violentas descargas eléctricas puntuales cuando se ponen en contacto con otro material buen conductor de la electricidad. Un ejemplo es

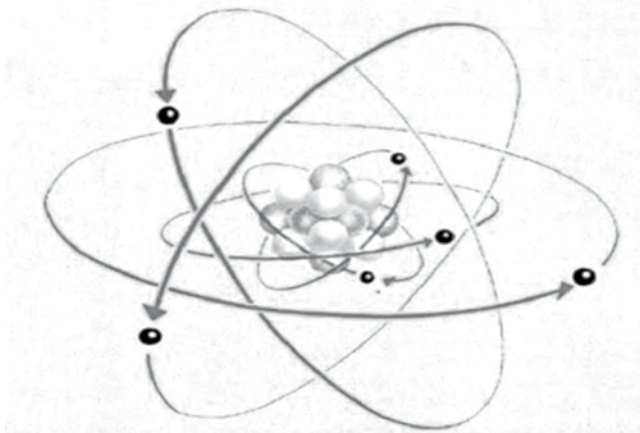


Figura 2 Estructura atómica.

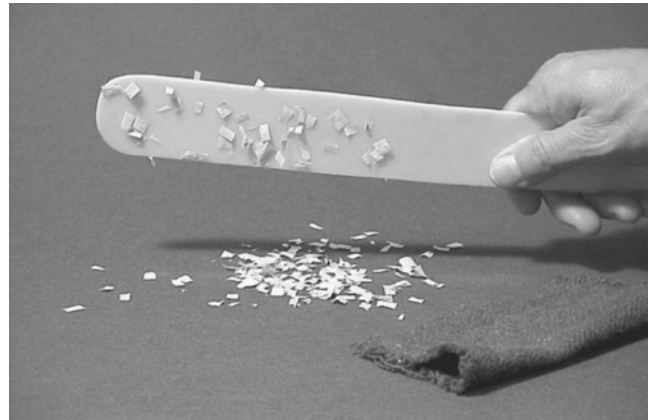


Figura 3 Estática por fricción.

la descarga de una chispa entre 2 personas cargadas eléctricamente al saludarse.

Por el análisis realizado sobre la generación, acumulación y descarga violenta de cargas electrostáticas, es posible sospechar que existen multitud de situaciones ocupacionales en las que puede estar presente este fenómeno. Una relación no exhaustiva de esas situaciones es la siguiente:

*Desplazamiento de personas por instalaciones con suelos aislantes o dieléctricos* excelentes acumuladores de electricidad estática al tener una gran retención intrínseca a desplazar en su seno las cargas generadas por contacto, fricción o inducción, su comportamiento depende de su estructura química, suelos sintéticos (moquetas, parqué, corcho, plaquetas acrílicas, entre otros).

*Desplazamiento por instalaciones con suelos aislantes de equipos de trabajo o vehículos de logística con ruedas* que los aíslan del suelo (carritos, bancos, estanterías metálicas, escaleras portátiles, andamios con ruedas, camillas, sillas de ruedas, incubadoras, mesas, portavenoclisis, entre otros más), que pueden generar cantidades no despreciables de carga estática.

*Contacto o fricción entre materiales aislantes que forman parte de las estructuras de maquinaria, equipos de trabajo y recipientes de almacenamiento.* Numerosas piezas y elementos estructurales de determinadas máquinas y equipos de trabajo que por su función específica se encuentran en continuo movimiento, como instrumentos electromecánicos (hornos de turbina, en odontología, aparatos eléctricos en algunos tipos de cirugía, equipo en laboratorios, lavanderías, cocina, o bien maquinaria y equipos de extracción o ventilación del aire que no disponen desde su diseño, de conexiones equipotenciales de sus partes metálicas y tomas de tierra adecuada.

*Contacto o fricción de materias primas y/o productos en estado líquido* como el fluido del agua.

*Contacto o fricción de materias primas y/o productos en estado sólido* en atención a pacientes o de limpieza (fig. 4).

Por otro lado, el material biológico, polen, células muertas y microorganismos, entre otros, también están constituidos por estructuras, estas por partículas y estas últimas por átomos; lo mismo implica para materiales naturales o sintéticos con los que se confeccionan las telas para las prendas de vestir; en consecuencia tienen el mismo comportamiento en relación a las cargas electrostáticas (figs. 5 y 6).

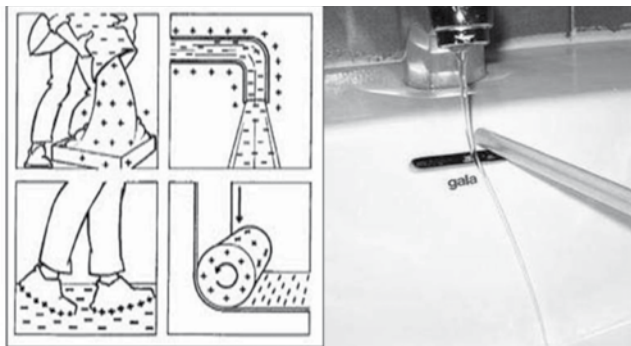


Figura 4 Generación de estática.

En el aire ambiental, los contaminantes químicos naturales y antropogénicos en partículas o aerosoles no son idénticos física y químicamente, más bien están constituidos por una amplia variedad de tamaños, formas y composiciones químicas. La variedad y génesis primaria derivan de los materiales existentes o involucrados en el ambiente.

Si bien es cierto que numerosos *estudios ambientales* han encontrado una asociación significativa entre la exposición a partículas con ciertos indicadores de efectos nocivos a la salud, como son mortalidad y morbilidad, es un hecho que no se ha podido establecer qué propiedad o propiedades de las partículas son responsables de su toxicidad, entre ellas pueden ser su tamaño (o diámetro aerodinámico), número, forma, composición y reactividad. La toxicidad también puede asociarse con la mezcla de contaminantes que se encuentran en la atmósfera, ya que las partículas se presentan con otros contaminantes, como el ozono, bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y tóxicos, tales como benceno, butadieno, o hidrocarburos (HEI 2002 citada por Rojas, SEMARNAT). Como puede analizarse, esta referencia aplica bien en el ambiente hospitalario.

Según se ha citado, las características comunes de las partículas son 8: tamaño, distribución de tamaños, forma,

densidad, adhesividad, corrosividad, reactividad y toxicidad. La más importante es la distribución de tamaños que depende de la velocidad del movimiento del aire (controlado o por corrientes de aire influenciado por la presión exterior; el correr que provoca mayor movimiento, por ende, mayor velocidad del aire que el caminar; motores, máquinas y equipo, entre otros) de modo que a bajas velocidades se provoca resuspensión de las partículas de mayor diámetro (no inhalables), y al incrementar la velocidad se emiten las partículas de menor diámetro (respirables).

Como en la atmósfera, en el ambiente hospitalario las partículas contaminantes pueden causar:

Efectos nocivos sobre la salud. Las partículas penetran en los pulmones, los bloquean y evitan el paso del aire, lo cual conlleva:

- Deterioro de los sistemas respiratorio y cardiovascular.
- Alteración de los sistemas de defensa del organismo contra materiales extraños.
- Daños al tejido pulmonar.
- Carcinogénesis.
- Mortalidad prematura.

Los pacientes ancianos y niños son las personas más sensibles, su organismo disfuncional no responde a estas agresiones, más bien, en el caso, pueden complicar la respuesta a tratamientos y a su recuperación.

Como partículas químicas y dependiendo de su composición (además de otros factores como humedad, luz, pH y temperatura) en una superficie pueden ser adsorbidas (se pegan por cargas electrostáticas), absorbidas (entrar en el material, como en piel, mucosas, entre otros) o llevar a cabo alguna reacción química (óxido-reducción, reacción ácido-base con mecanismos de síntesis o combinación, descomposición y de sustitución simple o doble).

El tamaño de partícula es importante porque determina en gran medida el comportamiento de las partículas en el aire y las leyes físicas que lo gobiernan. *Diámetro equivalente* es el diámetro de una esfera que tiene el mismo valor de la propiedad física-específica que la partícula irregular

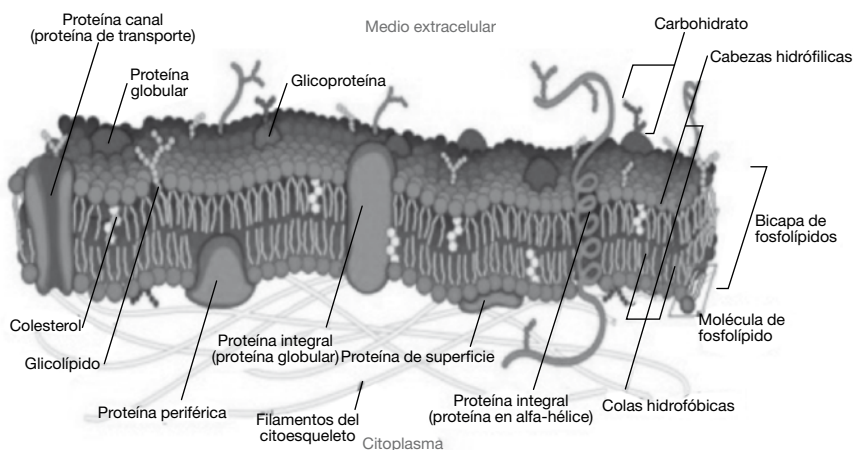


Figura 5 Componentes químicos de la membrana celular.



Figura 6 Prendas generadoras de estática.

que se está midiendo, parámetro más utilizado. El *diámetro aerodinámico (equivalente)* resulta útil para describir el comportamiento, por sedimentación y fuerzas de inercia, de las partículas que penetran en el tracto respiratorio y caracterizar su tamaño, independientemente de su forma y composición. El diámetro aerodinámico es el más adecuado para definir el tamaño de partícula que tiene la misma velocidad de sedimentación que una esfera de  $1 \text{ g/cm}^3$ , debido a la fuerza gravitatoria en el aire en calma, que la que tiene la partícula bajo las condiciones existentes de temperatura, presión y humedad relativa.

Todas las partículas químicas abióticas y las bióticas están en el aire con un comportamiento dinámico *de difusión*: proceso de propagación *por fuerzas balísticas*: partículas expulsadas de una herramienta o un proceso; *por corrientes*: movimientos laminares (suaves) o turbulentos (bruscos); *por variación térmica (termoforesis)*: las diferencias de temperatura provocan corrientes, en particular corrientes convectivas (verticales), desde una región caliente hacia una región más fría; *por movimiento Browniano*: movimiento aleatorio de las moléculas que chocan con partículas pequeñas y alteran su trayectoria

Como consecuencia de la sedimentación de las grandes partículas por la fuerza de la gravedad y el movimiento Browniano y aglutinación de las partículas pequeñas. Estas últimas tienen poca tendencia a unirse, sin embargo, cuando hay partículas mayores, estas tienden a actuar como núcleos de atracción de las pequeñas.

Muchas fuerzas actúan sobre una partícula y la retiran de su estado libre (difuso), las principales son: *adherencia electrostática*, si se fricciona un globo contra el pelo se genera una capa de electricidad estática en el globo. Eso genera adherencia electrostática. En forma similar, las partículas pueden cargar electricidad estática, la cual las hará atraer hacia superficies que tengan cargas opuestas; *aglomeración*: ocurre cuando las partículas se ligan unas a otras con firmeza; *acreción*: crecimiento de materia particulada a medida que se adhieren unas a otras. La adherencia electrostática u otras fuerzas "adhesivas" contribuyen a la acreción particulada; *fricción*: las partículas se pueden adherir a una superficie áspera en la cual el movimiento o la fricción no sea lo suficientemente fuerte como para desplazarla. Cuando las partículas se cargan con el mismo signo, tienden

a repelerse, la aglutinación se hace por tanto más difícil, y consecuentemente su sedimentación. Por el contrario, si se cargan con distinto signo, el fenómeno que ocurre es el contrario, favoreciéndose así la concentración y sedimentación de las partículas. Cabe señalar que con el paso del tiempo, el polvo fino tiende a rodearse de una capa de aire absorbido, originando una presión parcial superior a la atmosférica que disminuye con la distancia. Por esta razón las partículas de polvo después de un tiempo no tienden a aglutinarse.

Cuando se entienden estos principios de adherencia, los mecanismos principales del transporte de contaminantes químicos abióticos (partículas o aerosoles) y bióticos (microorganismos), son de adherencia electrostática y roce o fricción.

Finalmente, en el caso del globo o de la barra en la figura 3, si los sustituimos por el pelo o prendas de vestir de seda, nylon, rayón o lycra, algodón como blusas, vestidos, pantalones y corbatas; suelas de zapatos; superficies de muebles, pisos, y equipo entre otros, con una carga electrostática y por el otro lado con los pequeños fragmentos de papel en ambos casos representamos a los contaminantes químicos, moléculas, partículas y microorganismos con diferente cargas electrostáticamente por los movimientos en el aire, como en la figura 3, los contaminantes se "pegan" a las superficies, se transportan y un nuevo movimiento del medio de transporte o del aire modificará las cargas y desprendimiento e inmediatamente se repite el mismo mecanismo, los contaminantes con una carga reaccionarán frente a cargas opuestas; con este ejercicio, se distingue este mecanismo como un factor importante en el proceso de contaminación y enfermedades nosocomiales, como lo son las infecciones intrahospitalarias<sup>9-6</sup>.

### ¿Cómo controlar el factor de la estática en la contaminación?

El control del ambiente es complejo y costoso tanto en su diseño como en la construcción y su mantenimiento, sin embargo el conocimiento y las medidas de prevención amortiguan las adversidades, se mencionan sólo algunas condiciones y acciones como medidas de prevención:

- Elección desde el diseño de materiales en instalaciones y equipos.
- Humedad relativa del aire, mínimo del 50%.
- Suelos conductores antiestáticos como losetas.
- Tratamiento a superficies con detergente, pintura, lubricantes y otras sustancias polares que favorezcan una película conductora.
- Ropa de trabajo antiestática (con hilos de carbón).
- Equipo de protección personal antiestático.
- Uso de gorro redondo (cofia) el pelo suelto, largo y abundante es gran potencial de transportar contaminantes.
- Zapatos de goma o suela sintética aislante.
- Implementos de oficina y de limpieza antiestáticos.
- Clasificar las áreas por tipo de contaminantes identificados.
- Cambio de bata y cofia, cubrir zapatos al acceso de un área diferente.
- Capacitación de personal para no generar aerosoles.

- Capacitación y conocimiento en la prevención y protección frente a la electricidad estática.
- Si se tiene el equipo y método adecuado, monitorear y hacer estudios e investigación al respecto<sup>9-13,15</sup>.

## Conclusión

La contaminación hospitalaria es compleja, un aspecto a considerar es el papel de la estática, fenómeno físico-químico intrínseco por la naturaleza química de las partículas, materiales y de los microorganismos. El sistema dinámico del hospital favorece la generación de contaminantes y superficies con cargas contrarias, así su adherencia, transporte y distribución pudiendo ser causa de alteraciones del estado de salud, metabólicas, de respuesta al tratamiento o contribuir e incluso causar otras enfermedades.

Hace falta hacer investigación del impacto de contaminantes químicos en el estado de salud de los pacientes y del personal en general.

El mecanismo de la estática visualiza una explicación de la persistencia de las IN.

## Financiamiento

No se recibió patrocinio para llevar a cabo este artículo.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. Consultado el 10 de septiembre de 2013. <http://nacionysalud.com/node/1354>.
2. Consultado el 10 de septiembre de 2013. [http://www.who.int/csr/resources/publications/ES\\_WHO\\_CDS\\_CSR\\_EPH\\_2002\\_12.pdf](http://www.who.int/csr/resources/publications/ES_WHO_CDS_CSR_EPH_2002_12.pdf)
3. Consultado el 19 de septiembre de 2013. <http://maiquiflores.over-blog.es/article-el-hospital-concepto-y-funcionamiento-historico-48688676.html>
4. Consultado el 05 de septiembre de 2013. [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed\\_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms\\_125164.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms_125164.pdf)
5. Consultado el 25 de octubre de 2013. <http://info4.juridicas.unam.mx/juslab/leylab/123/520.htm>
6. Consultado el 25 de octubre de 2013. <http://trabajoseguro.stps.gob.mx/trabajoseguro/boletines%20anteriores/2008/bol021/vinculos/Actualizaci%C3%B3n%20de%20la%20Tabla%20de%20Enfermedades%20de%20Trabajo.pdf>
7. Consultado el 18 de septiembre de 2013. <http://www.ecophy.co.uk/pdf/Health%20Hazzards.pdf>
8. Consultado el 30 de Octubre de 2013. <http://www.treballo.com/documentos/3M.Informe.Mecanismos.Filtracion.Particulas.pdf>
9. Consultado el 17 de octubre de 2013. <http://www.cps.unizar.es/~proter/Articulos/Curso%20higiene.pdf>
10. Fundación MAPFRE. Manual de Higiene Industrial. España: MAPFRE S.A; 1991.
11. Daimiel MC. Electricidad estática: ¿un simple susto o un peligro real? [versión electrónica] Gestión Práctica de Riesgos Laborales 2006;32:18.
12. Consultado el 06 de septiembre de 2013. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/gacetas/422/particulas.html>
13. Consultado el 06 de septiembre de 2013. <http://www.iesmat.com/iesmat/upload/file/PMS/Guiabasica.pdf>
14. Consultada el 25 de octubre de 2013. [www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/.../CR\\_003\\_A06.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/.../CR_003_A06.pdf)
15. Castaño SJC, Orozco HCA. Metodología para el diseño de cuartos limpios. [versión electrónica]. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701. Scientia et Technica Año XIV 2008; 38.
16. Consultado el 06 de septiembre de 2013. <http://www.dged.salud.gob.mx/contenidos/dess/descargas/nosocomiales.pdf>.