

TRANSMISIÓN DE INFECCIONES INTRAHOSPITALARIAS MEDIADA POR BIOAEROSOLES: ANTECEDENTES Y OPORTUNIDADES DE INVESTIGACIÓN.

¹Lina María Guzmán Fierro, ²José Alejandro Pachón Bernal

RESUMEN

La contaminación del aire extramural e intramural de tipo microbiológico, unida a condiciones ambientales favorables y a características de diferentes sustratos pueden dar lugar al desarrollo de microorganismos que conforman los bioaerosoles, los cuales contribuyen con la ocurrencia de infecciones intrahospitalarias y constituyen un problema de salud pública debido al aporte de un número significativo de casos cada año, además de generar altos costos. Los servicios médicos en los que se presentan mayores tasas de transmisión de infecciones intrahospitalarias son la unidad de Cuidados Intensivos (UCI) y el servicio de cirugía.

Dentro de los microorganismos más comunes en los monitoreos de los centros de atención médica se encuentran *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* y *Aspergillus sp* que son microorganismos patógenos oportunistas, que aprovechan las condiciones de los pacientes inmunocomprometidos que asisten a los centros de atención médica.

Por otro lado, debido a la naturaleza de los bioaerosoles se dificulta establecer límites permisibles de concentraciones en el aire, generando deficiencias en la normativa aplicable. Es por esto que los centros de atención médica desconocen la carga microbiana en sus instalaciones y no incluyen el monitoreo microbiológico del aire para definir medidas de control para disminuir la ocurrencia de infecciones intrahospitalarias, las cuales se deben implementar en cumplimiento de la política de prevención, control y vigilancia epidemiológica de infecciones intrahospitalarias establecida en la resolución 073 de 2008.

PALABRAS CLAVE

Bioaerosoles, Contaminación, infecciones intrahospitalarias, inmunocomprometidos.

¹ Estudiante de ingeniería ambiental, Universidad Santo Tomás, Bogotá- Sede principal, linaguzman@usantotomas.edu.co

² Estudiante de ingeniería ambiental, Universidad Santo Tomás, Bogotá- Sede principal, jose.pachon@usantotomas.edu.co

ABSTRACT

The extramural and intramural air pollution of microbiological type, combined with favorable environmental conditions and characteristics of different substrates, can lead to development of microorganisms that make the bioaerosols, which contribute to the occurrence of nosocomial infections and make up a public health problem of a significant number of cases each year in addition to generating high costs. The medical services in which higher rates of acquisition of nosocomial infections occur are in the Intensive Care Unit (ICU) and the surgery department.

Among the most common microorganisms in the monitoring of health care facilities are *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* and *Aspergillus*, which are opportunistic pathogenic microorganisms, who exploit the conditions of immunocompromised patients, attending medical care centers.

On the other hand, due to the nature of bioaerosols it is difficult to establish permissible limits of concentration in air, creating gaps in the applicable rules. That is why the medical care centers unknown microbial load in their facilities and do not include microbiological air monitoring as a control measure for the occurrence of nosocomial infections, which must be implemented in compliance with the policy of prevention, control and epidemiological surveillance of nosocomial infections established by the resolution 073 of 2008.

KEY WORDS

Bioaerosols, Pollution, immunocompromised, nosocomial infections.

INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica constituye una de las principales problemáticas ambientales que se ha traducido en una preocupación por los efectos nocivos en la calidad de vida de las personas. Uno de los contaminantes atmosféricos son los bioaerosoles (partículas transportadas por el aire, compuestas por seres vivos, o moléculas grandes que han sido liberadas por otro ser vivo) (1) que pueden contribuir en la incidencia de enfermedades en grupos vulnerables tales como niños, ancianos y personas con alteraciones en su sistema inmunológico. La contaminación intramural del aire y sus efectos en la transmisión de infecciones nosocomiales o intrahospitalarias (IIH), constituye un problema de salud ambiental, por su frecuencia, severidad, alto costo y el aporte de un número importante de casos de morbilidad cada año.

La diversidad de servicios, las características de las instalaciones y la posible deficiencia en los sistema de aireación de las instituciones de salud, son factores que afectan la probabilidad de adquirir una IIH, debido a la exposición a bacterias, virus y hongos patógenos que se encuentran asociados a bioaerosoles presentes en el ambiente intramural. Teniendo en cuenta lo anterior, se realiza una revisión bibliográfica en la que se identifican necesidades de investigación en cuanto a la transmisión de IIH por acción de los bioaerosoles.

METODOLOGÍA

Inicialmente se identificaron palabras y conceptos clave para la realización de la búsqueda, se construyó la ecuación de búsqueda con ayuda de operadores booleanos de proximidad y utilizando una combinación de vocabulario controlado (términos MeSH, Emtree, DeCS).

Tabla 1. Conceptos para la búsqueda de información.

PALABRAS CLAVE		OPERADORES BOLEANOS
Infection	AND (Intersección, unión de las palabras)	
Microorganism		
Bacteria		
Bioaerosols		
Nosocomial		
Hospital acquired	OR (opción, alternativa)	
Control		
Pathogens		
Immunosuppressed		
Pollution		
ECUACIÓN DE BÚSQUEDA		
(disease OR infection OR infections) AND (microorganisms OR bacteria OR microorganism OR bioaerosol) AND (nosocomial OR hospital acquired) AND		

(microbiological air quality OR air quality) AND (hospital OR hospitals) AND (control OR infection control OR infections control) AND (pathogen OR pathogens OR pathogenic microorganisms) AND (immunosuppressed) AND (microbial contamination)

Fuente: Autores

Posteriormente se introdujeron las palabras clave en las bases de datos Scopus, Science Direct, EBSCO HOST y el buscador de Google académico, de acuerdo al objetivo de búsqueda y al obtener los resultados se filtraron para después determinar cuáles de estos resultados eran los más apropiados para la revisión bibliográfica.

Dentro de los criterios de selección se tuvo en cuenta los artículos científicos que trataran temas de contaminación atmosférica extramural e intramural y que tuvieran como contenido monitoreos microbiológicos de aire y de los microorganismos presentes en los bioaerosoles. En este se discriminaron los artículos que abordaran enfermedades y microorganismos específicos; además se descartaron los artículos que no tuvieran su estructura completa disponible y que tuvieran algún costo.

En la tabla 2 se observan los resultados obtenidos a partir de la búsqueda en las diferentes bases de datos.

Tabla 2. Resultados de bases de datos consultadas.

Base	Resultados	Bases de datos
EBSCO HOST	41	Academic Search Complete Environment Complete GreenFILE Fuente académica
Science direct	71	Journal of hospital infection American journal of infection control Clinical Microbiology and infection
Scopus	86	
Google académico	453	
Total		648

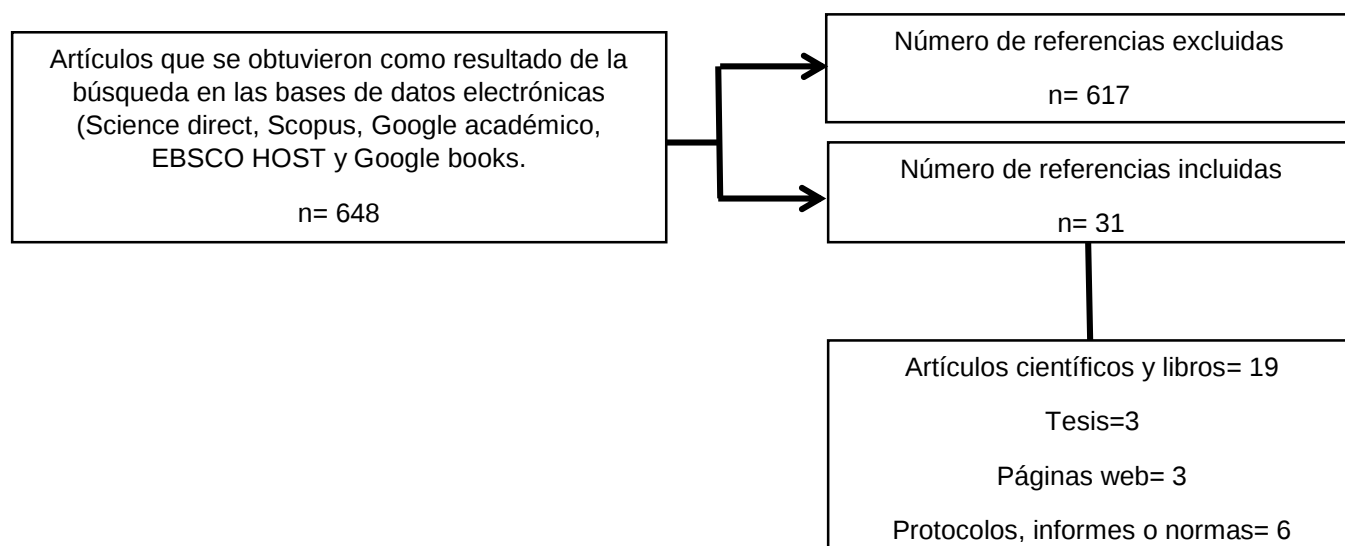
Fuente: Autores

A partir de estos resultados se seleccionaron 18 artículos que eran los más apropiados para la revisión bibliográfica.

Por otro lado se realizaron consultas en los repositorios de las universidades de Colombia para obtener estudios a nivel nacional. Además se buscaron guías, informes, normas y protocolos de las diferentes instituciones como la Organización Mundial de la Salud, Instituto Nacional Salud, Secretaría distrital de salud de Bogotá, el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, entre otras. A

partir de esta búsqueda se encontraron 13 productos.

Ilustración 1. Diagrama de flujo con los resultados de la búsqueda



Fuente: Autores

En la ilustración 1 se muestran los artículos que dieron como resultado de la búsqueda y el número de artículos seleccionados que cumplían con lo establecido en el objetivo de la revisión.

RESULTADOS

1. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR BIOAEROSOLAS

La contaminación atmosférica es la presencia de sustancias indeseables en el aire (gases, vapores, partículas sólidas o líquidas, etc.) en cantidades grandes como para producir efectos nocivos a la salud humana, la vegetación, los animales y bienes humanos (2). Esta contaminación constituye uno de los principales problemas ambientales, debido a la magnitud e impacto negativo generado en la salud de la población expuesta (3). Los bioaerosoles son un factor que puede contribuir en la incidencia de enfermedades respiratorias en seres humanos, especialmente en niños, ancianos y personas con alteraciones en su sistema inmunológico (4).

El estudio de los bioaerosoles comenzó en 1930, con el origen de la aerobiología, rama de la biología que se encarga de estudiar el transporte, identificación, comportamiento y supervivencia de los microorganismos en el aire, teniendo como referencia la microbiología, meteorología, física de los aerosoles y la química atmosférica (5). A partir de la aerobiología surge un interés en los microorganismos del aire por su patogenicidad y la posible transmisión de

infecciones, catalogándolos como un contaminante atmosférico, tal y como lo plantean Vélez y Camargo, quienes definen los bioaerosoles como un material particulado compuesto por microorganismos o agentes biológicos que pueden llegar a causar afección a los seres vivos, utilizando la atmósfera como un medio rápido para su dispersión (6). Estos microorganismos se clasifican en función de si son alergénicos, infecciosos o capaces de inducir reacciones tóxicas o inflamatorias cuando se inhalan (7).

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España, a través de la Nota Técnica de Prevención (NTP) 288, establece la complejidad respecto a la naturaleza de los bioaerosoles debido a sus componentes, dentro de los cuales pueden encontrarse bacterias, hongos, protozoos, virus y/o diversas estructuras como heces de ácaros, escamas de piel y saliva, provenientes de artrópodos, aves y mamíferos (1), (8). Asimismo, definen tres condiciones para que se llegue a producir un aerosol a partir de un organismo o sus partes, que son: la presencia de un reservorio, un proceso de amplificación y la diseminación o aerosolización. El reservorio es el lugar donde de forma natural, se encuentra un organismo. La amplificación consiste en el aumento en número o en concentración de los organismos, sus partes o componentes, el cual es un proceso imprescindible ya que sin él, la diseminación (proceso de dispersión de las partículas constitutivas del bioaerosol), no tendría ningún efecto debido a que la cantidad de material dispersado sería imperceptible (1).

Dentro de estudios e investigaciones en el tema, Rose (8) estableció las enfermedades de hipersensibilidad asociadas con la exposición a bioaerosoles, donde se incluyen la rinitis, el asma y la alveolitis alérgica. En Santiago de Chile se realizó un estudio microbiológico del material particulado atmosférico, en el que se estableció que la Neumonía Asociada en Comunidad (NAC) es la tercera causa de muerte en la población de niños y adultos mayores, siendo la bacteria *Streptococcus pneumoniae* el principal agente relacionado, seguido en menor grado por las bacterias *Haemophilus influenzae* y *Legionella pneumophila* (3).

En la localidad de Puente Aranda, en Bogotá, se realizaron dos estudios de caracterización microbiológica del aire, donde se identificaron dentro del material particulado algunos patógenos de características oportunistas que pueden llegar a generar problemas respiratorios, además de comprobar una relación entre la concentración de PM₁₀ y el desarrollo de microorganismos, pues se presentó mayor desarrollo de colonias en horas de la mañana, horario donde se registraron las mayores concentraciones de PM₁₀ (9). En el segundo estudio se evidenció que no había una relación significativa entre SO₂ y NO₂ con la concentración de microorganismos y se hallaron especies como *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*, asociadas con infecciones respiratorias, neumonías e infecciones de la piel y los ojos (10).

2. CONTAMINACIÓN INTRAMURAL DEL AIRE

Desde el reconocimiento de la neumonía, existe un creciente interés en las enfermedades asociadas a la exposición en aire interior a agentes microbianos, denominado comúnmente como bioaerosoles (8). Burrell realizó un análisis del aire en oficinas, hallando la presencia de varios géneros de hongos asociados con la neumonía; el estudio encontró que el principal responsable del transporte de fragmentos de hifas y esporas respirables son los equipos de tratamiento de aire que se contaminan con estos y los distribuyen a través de los conductos de aire, para después dispersarlos en el entorno. Una fuente común de microorganismos en el aire interior se asocia con ciertos tipos de entornos, por ejemplo, las bacterias que contienen los suministros de agua. Cuando el agua de algún equipo como humidificadores de aire, aire acondicionado, etc. se contamina con bacterias comunes y se aerosolizan, las concentraciones de estas en el ambiente alcanzan niveles de importancia para la salud, pudiendo producir infecciones (7).

Por otra parte, en la biblioteca central Jorge Palacios Preciado de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, sede Tunja, se evaluó la concentración microbiana en el ambiente, encontrando 34 géneros de hongos filamentosos principalmente *Cladosporium*, *Paecilomyces* y *Penicilium*, y 16 géneros de bacterias entre las que sobresalieron *Bacillus* y *Neisseria*. En este estudio los investigadores concluyeron sobre la importancia de mantener un control de poblaciones microbianas específicas, principalmente de los géneros fúngicos y bacterianos, ya que en mayor concentración pueden llegar a causar graves problemas de salud pública (11).

En las fuentes mencionadas anteriormente, la presencia de humedad es un componente crítico, ya que al igual que cualquier otro organismo, los microorganismos requieren condiciones adecuadas de crecimiento (temperatura, humedad y nutrientes de crecimiento o sustrato); estas condiciones definen los parámetros de crecimiento óptimo (7). Por otro lado, las concentraciones de hongos en el aire varían significativamente según la temporada (alcanzando valores más altos en verano y más bajos en invierno), y se correlacionan negativamente con las concentraciones de CO₂ (12).

Respecto a los ambientes de las poblaciones vulnerables como lo son los niños menores a 5 años, una investigación realizada en una guardería en Bangkok, Tailandia, encontró respecto a la calidad del aire interior que el 47.2% y el 47.6% del total de muestras tenían presencia de bacterias y hongos por encima de los niveles recomendados por la OMS (13). En relación a esta misma población, en Bucaramanga, Colombia, Herrera et al determinaron que a nivel intradomiciliario, los niños menores a 7 años presentaron una relación entre los síntomas de asma y la presencia de ácaros y hongos (14).

3. INFECCIONES NOSOCOMIALES E INTRAHOSPITALARIAS

En los últimos 20 años, el interés por el conocimiento y control de las infecciones hospitalarias ha tenido un aumento, ya que representa un problema importante de salud pública. Respecto al tema la Universidad Nacional de Colombia indica que las instituciones de salud invierten anualmente cerca de 727 millones de pesos, en el tratamiento de pacientes que contraen IIH (15).

En relación con el tema, el Ministerio de Salud y Protección Social reglamentó en el decreto 3518 de 2006, que toda institución de salud debe contar con un comité de infecciones intrahospitalarias, el cual debe contribuir a mejorar la calidad de los servicios de salud e identificar los factores de riesgo o factores protectores relacionados con los eventos de interés en salud pública y los grupos poblacionales expuestos a dichos factores (16), (17).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en el 2003 desarrolló la guía denominada “*Guía Práctica Prevención de las infecciones nosocomiales*”, en la cual establece el concepto de infecciones nosocomiales, como infecciones contraídas al interior de los centros de salud; además define al factor ambiental como aquel que influye en la manifestación de estas infecciones y también menciona las diferentes enfermedades a las que se puede llegar a estar expuesto a través de los microorganismos y la exposición que se puede tener a través del aire. Las principales enfermedades intrahospitalarias adquiridas a través de virus, bacterias y hongos presentes en bioaerosoles son la bronquiolitis vírica (causada por el virus sincitial respiratorio VSR) y la neumonía originada por *Legionella spp.* Y por *Aspergillus* (18).

Por otro lado, el Instituto Nacional de Salud (INS) de Colombia, especifica que el paciente adquiere aquellas infecciones mientras recibe tratamiento para alguna condición médica o quirúrgica y en quien la infección no se había manifestado, ni estaba en período de incubación en el momento del ingreso a la institución (19).

La Secretaría Distrital de Salud de Bogotá (16) indica que las instituciones que prestan servicios de salud, son ambientes ideales para la transmisión de enfermedades por varias razones, entre ellas:

- Siempre que se realizan procedimientos médicos, el paciente está en riesgo de infección durante e inmediatamente después del procedimiento.
- Todo el personal que presta sus servicios en la institución está constantemente expuesto a los materiales potencialmente infecciosos, como parte de su trabajo.
- La mayoría de los pacientes que acude a los servicios de salud es más susceptible de adquirir infección que la población sana, debido a su patología de base que produce inmunosupresión en mayor o menor grado.
- Muchas veces se encuentran pacientes en un espacio físico muy pequeño.

- Una buena parte de los pacientes que consulta un servicio médico tiene enfermedades infecciosas.

3.1. Estudios

En Rio de Janeiro (2005) se realizó un estudio donde se evaluaron los niveles de contaminación microbiana en diversas muestras de oficinas, hospitales, industrias y centros comerciales. Dentro de sus hallazgos encontraron que los hospitales presentaban un promedio de 200 UFC/m³, concluyendo la importancia de identificar las especies de microorganismos más allá de solo realizar una cuantificación, dada la naturaleza de los centros hospitalarios y la posibilidad de encontrar pacientes inmunocomprometidos (20).

Adicionalmente se han desarrollado estudios en otros países con la finalidad de caracterizar la carga microbiológica presente en centros hospitalarios. En la Universidad de Pisa, Italia, se desarrolló un estudio el cual tuvo como objetivo monitorear las superficies y el aire en ambientes hospitalarios para encontrar la presencia de Hepatitis C, Adenovirus humano, Norovirus, Rotavirus humanos y Torque teno virus (TTV); como conclusión se resalta que la detección frecuente de TTV sugiere su posible uso como indicador de la contaminación viral del medio ambiente (21). En la ciudad de Valencia, Venezuela se realizaron evaluaciones en ambientes hospitalarios con el fin de encontrar la presencia de bioaerosoles y su papel en las infecciones nosocomiales; se encontró con mayor frecuencia la presencia de los géneros *Bacillus* y *Staphylococcus*, además de la *Pseudomonas aeruginosa*, microorganismos que producen compuestos tóxicos causantes de daños fisiológicos a los pacientes (22). Para el año 2014 se realizó un estudio en dos centros hospitalarios ubicados en León, Guanajuato, México, cuya finalidad fue caracterizar los propágulos fúngicos y las aerobacterias que podían estar presentes, además de identificar aquellos potencialmente patógenos que pudieran entrar en contacto con los pacientes más vulnerables; se identificó la predominancia de bacterias como *Escherichia coli*, *Enterobacter cancerogenus* y *Acinetobacter* y de hongos tales como *Fusarium* y *Penicillium*, concluyendo que el número de aerobacterias y propágulos fúngicos superaban los índices aceptables establecidos por la OMS, quien define que los recuentos microbianos deben ser inferiores a 100 UFC/m³ para ambientes con individuos o pacientes con inmunosupresión (23), (24).

A nivel nacional, se desarrolló un monitoreo microbiológico de aire, superficies y manos del personal asistencial en entidades de salud en departamento del Meta, donde se realizó un muestreo en cinco entidades con la mayor generación de Residuos Hospitalarios; el estudio encontró una elevada carga fúngica del aire en zona crítica (900 NMP/100 L). Estos resultados indicaron que los sistemas de climatización pueden representar un riesgo para la calidad del aire interior, creando un escenario con niveles no aceptables de contaminación de esporas fúngicas, haciendo probable la adquisición de infecciones de transmisión aérea en enfermos susceptibles (25). Pérez et al llevaron a cabo un estudio en el Hospital San Jerónimo de Montería, donde mencionan que uno de los factores

preponderantes para la persistencia de las enfermedades infecciosas intrahospitalarias es la capacidad de los microorganismos para evadir la acción de los agentes antimicrobianos; el estudio determinó que los servicios con mayores tasas de infecciones nosocomiales fueron el servicio de cirugía, seguido de la Unidad de Cuidados intensivos (UCI), estableciendo que el principal bacilo Gram negativo aislado fue *Pseudomonas spp*, seguido por *Enterobacter spp*, *Klebsiella spp*, *Proteus spp* y *Escherichia coli*. Esto indicó el predominio de los Gram negativos sobre los Gram positivos. El trabajo demostró que en el Hospital existe una alta resistencia a los principales antimicrobianos usados en la práctica clínica y que han de tomarse serias y drásticas medidas de control para evitar una excesiva diseminación de la resistencia antibiótica (26).

3.2. EPIDEMIOLOGÍA

Según Sligl et al, las infecciones nosocomiales contribuyen a una elevada morbilidad y mortalidad en los Estados Unidos, lo que representa aproximadamente el cuatro por ciento de los pacientes hospitalizados y 250.000 casos anuales. Por otro lado, entre el 20% y 30% de todas las infecciones nosocomiales se adquieren en la UCI y las tasas de infección anual fluctúan de 1,6 a 9,6 por cada 1.000 pacientes ingresados. Los investigadores llevaron a cabo un estudio de cohorte en el hospital universitario de Alberta en Edmonton, Canadá, donde se encontró que la infección más común fue la neumonía con un 33% (27).

A su vez se identificaron las principales especies bacterianas, en el que el patógeno bacteriano más común fue *Escherichia coli* con un 21%, seguido por *Pseudomonas aeruginosa* con 18% y *Klebsiella* 16% (27).

A nivel nacional existe un conjunto de indicadores epidemiológicos básicos que describen la magnitud y el comportamiento de las infecciones intrahospitalarias. Dentro de estos se encuentra: la tasa global de infecciones intrahospitalarias que son el número de infecciones intrahospitalarias respecto al número de pacientes que egresaron de hospitalización (16). Según el Ministerio de Salud, entre 1996 y 1999 el porcentaje de infección en diez hospitales de tercer nivel de los departamentos de Nariño, Norte de Santander, Santander, Quindío, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca y en cinco hospitales de Bogotá, fue en promedio entre 2,55% y 2,31%, con un máximo de 6,6% en 1996 y de 0,26% en 1999 (16).

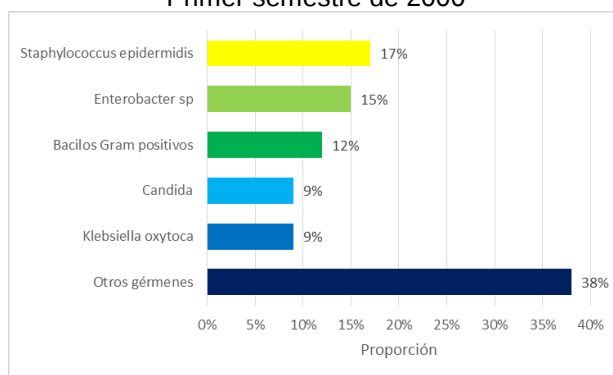
Otro indicador epidemiológico es el porcentaje de infección por servicio, el cual indica los servicios de las instituciones de salud con mayor frecuencia de infección intrahospitalaria. Para el año 2000 se encontró que de 1.458 IIH notificadas, 22% se presentó en las unidades de cuidados intensivos (16).

El tercer indicador epidemiológico es el porcentaje por localización anatómica. Para el año 2010 en el boletín epidemiológico de infecciones intrahospitalarias de la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá, se encontró que de 15.065 casos de IIH notificados por parte de 82 IPS, el mayor porcentaje correspondió a la infección de

sitio operatorio con 24,5%, seguida de infección urinaria sintomática con 15,4%, e infección del torrente sanguíneo primaria con 12,7% (28).

El último indicador es la proporción de infecciones por microorganismo causal. De 572 infecciones intrahospitalarias registradas, el mayor número de infecciones fueron causadas por el *Staphylococcus epidermidis*, con un 17%, el segundo fue *Enterobacter sp*, que ha sido el causante de 15% de dichas infecciones. Asimismo, los bacilos Gram positivos provocaron 12% del total de IIH; por lo general, estos microorganismos pueden afectar a pacientes inmunosuprimidos a través de catéteres, válvulas y otros dispositivos; los hongos produjeron 9% de las infecciones así como la *Klebsiella oxytoca* y la *Escherichia coli* (16).

Ilustración 2. Porcentaje de IIH por microorganismo en hospitales de tercer nivel. Bogotá, D.C.
Primer semestre de 2000



Fuente: Sistema de vigilancia epidemiológica de infecciones intrahospitalarias (16).

DISCUSIÓN

Las infecciones nosocomiales o intrahospitalarias (IIH) constituyen un problema de salud pública dada su frecuencia, severidad y alto costo; estas infecciones pueden enmarcarse en el contexto de contaminación del aire por bioaerosoles, un tema de gran relevancia ya que aportan un número importante de casos de morbilidad y mortalidad cada año.

Respecto a los bioaerosoles, la presencia de estos es normal en los diferentes ambientes, ya que se pueden producir por partículas liberadas por los seres vivos. El inconveniente de estos, es que algunos pueden ser patógenos oportunistas que aunque no afectan normalmente a individuos sanos, pueden infectar a inmunodeprimidos, los cuales son frecuentes en los centros de atención médica.

En las instituciones médicas, las características de las instalaciones, el flujo de pacientes, la diversidad de servicios y la posible deficiencia en los sistemas de aireación, son factores que pueden facilitar la amplificación y aerosolización de los microorganismos. Los equipos de tratamiento de aire son uno de los factores que puede controlarse, ya que con un mantenimiento adecuado, evita que el agua recirculada que contienen estos equipos funcionen como reservorios y ayude a la

diseminación de microorganismos. Asimismo, estos dispositivos pueden generar cambios en la humedad relativa y temperatura lo que propicia condiciones adecuadas para el libre desarrollo de los bioaerosoles, favoreciendo así su proliferación.

Por otra parte, los bioaerosoles que se encuentran suspendidos en el aire se pueden precipitar en las superficies e instrumentos de los centros de atención médica; estos al entrar en contacto con los pacientes y/o trabajadores, generan no solo infecciones respiratorias sino algunas infecciones como las del tracto urinario, gastrointestinales y otras relacionadas con los procedimientos que se realizan en las instalaciones. Un ejemplo claro se da con la *Escherichia coli*, que aunque se encuentra en el aire, no constituye riesgo a las personas al entrar por inhalación, pero al estar en contacto con manos u objetos que se expongan a diferentes partes del cuerpo, puede causar enfermedades como la infección del tracto urinario, septicemia, neumonía, meningitis neonatal, peritonitis y gastroenteritis(29).

Con respecto a los microorganismos que pueden causar infecciones intrahospitalarias y que se obtuvieron como resultado de la revisión, se encuentran los siguientes:

Tabla 3. Enfermedades asociadas a microorganismos.

Microorganismo	Enfermedad Asociada
<i>Bacillus spp</i>	Gastroenteritis aguda
<i>Escherichia coli</i>	Disentería
<i>Staphylococcus aerus</i>	Infecciones Oportunistas, neumonía
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Infecciones Oportunistas, otitis complicaciones gastrointestinales, neumonía
<i>Enterobacter cancerogenus</i>	Neumonía
<i>Acinetobacter</i>	Infecciones Oportunistas
<i>Penicillium</i>	Alveolitis Alérgica
<i>Fusarium</i>	Alveolitis Alérgica
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Infecciones Oportunistas, Neumonía
<i>Legionella spp</i>	Neumonía
<i>Virus sincitial respiratorio</i>	Bronquitis vírica
<i>Aspergillus</i>	Aspergilosis
<i>Torque teno virus</i>	Hepatitis (no comprobado)
<i>Proteus spp</i>	Infecciones en el tracto urinario, neumonía, septicemia.
<i>Staphylococcus epidermis</i>	Infecciones en la piel
<i>Klebsiella oxytoca</i>	Infecciones en el tracto urinario, absceso hepático, sepsis neonatal.

Fuente: Autores.

A partir de la revisión se establece que los microorganismos más comunes en los monitoreos de aire intramural fueron *Staphylococcus aerus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* y *Aspergillus*. Se considera que es importante el control de estos en el ambiente de los centros de atención médica, ya que son patógenos oportunistas que pueden causar enfermedades en inmunodeprimidos y se caracterizan por:

- El *Staphylococcus aerus* es considerado uno de los patógenos más importantes, responsables de las infecciones nosocomiales. Este coloniza principalmente los conductos nasales, infectando no solo lo superficial, sino también a los tejidos profundos (29).
- De tres a siete por ciento de las infecciones bacterianas nosocomiales están relacionados con *Klebsiella pneumoniae*, que es un patógeno importante en entornos de atención médica. Es una bacteria oportunista, que por lo general coloniza el tracto gastrointestinal, la faringe y la piel. Se involucra en enfermedades como la septicemia neonatal, neumonía e infecciones en herida (29).
- *Pseudomonas aeruginosa* contribuye al 11% de todas las infecciones nosocomiales, que dan lugar a altas tasas de mortalidad y morbilidad. Los sitios de colonización son los riñones, el tracto urinario y el tracto respiratorio superior. Las enfermedades asociadas a este microorganismo son infecciones quirúrgicas y heridas, infección del tracto urinario, neumonía y fibrosis quística (29).
- *Aspergillus* es un hongo que causa aspergilosis que puede manifestarse principalmente en personas con neumoopatías crónicas, además puede presentarse en pacientes que reciben tratamiento con citotóxicos o inmunosupresores, y a veces diseminarse al cerebro, riñones u otros órganos, y en ocasiones causar la muerte. Este hongo puede colonizar o producir infección invasora de los senos paranasales (30).

Finalmente, la falta de investigación y la ausencia del monitoreo microbiológico del aire al interior de centros médicos puede estar asociado a que no se han establecido límites numéricos en normativa, ya que como se menciona en la NTP 409 española, se desconocen las relaciones dosis-respuesta frente a los contaminantes biológicos debido a que los bioaerosoles son mezclas complejas de diferentes clases de partículas y a que las respuestas de los seres humanos frente a estos varían dependiendo del agente específico y de los factores de susceptibilidad de cada persona (31); sin embargo la OMS sugiere que los recuentos microbianos en las oficinas deben ser inferiores a 300 UFC/m³ y en espacios con individuos o pacientes en estado de inmunosupresión, debe ser inferior a 100 UFC/m³ (24). Por lo tanto al no ser de obligatorio cumplimiento el monitoreo y el control microbiológico, los centros de atención médica a nivel

nacional no lo incluyen en la política de prevención, control y vigilancia epidemiológica de infecciones intrahospitalarias (resolución 073 de 2008), ya que no consideran que los microorganismos contenidos en los bioaerosoles pueden ser patógenos oportunistas que contribuyen a las infecciones nosocomiales o intrahospitalarias.

CONCLUSIONES

A partir de la revisión se determinó que dentro de los servicios médicos en los cuales se presentan mayores porcentajes de adquisición de infecciones intrahospitalarias se encuentran la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) y el servicio de cirugía. Asimismo, se obtuvo que los microorganismos más comunes en los monitoreos del aire de los centros de atención médica son *Staphylococcus aerus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* y *Aspergillus*, los cuales son patógenos oportunistas que aprovechan las condiciones de los pacientes inmunocomprometidos.

En Colombia, la política de prevención, control y vigilancia epidemiológica de infecciones intrahospitalarias, se enfoca en el registro de infecciones y en la caracterización de microorganismos que causan la enfermedad, pero no se orienta a acciones que definan que medidas de control se deben aplicar para disminuir la transmisión de estas enfermedades, como lo es el monitoreo microbiológico del aire, el cual permite establecer la presencia y niveles de microorganismos que puedan afectar a la población que asiste a los centros médicos y que sirve para identificar los posibles puntos críticos que permiten la diseminación de estos.

Dentro de las fuentes que pueden impactar la calidad microbiológica del aire se encuentran los sistemas de aireación, ya que suministran tres condiciones para producir un aerosol; estos actúan como reservorios para los microorganismos debido a la succión de nutrientes que sirven para su crecimiento, además pueden generar variación de temperatura y humedad relativa que propician ambientes favorables para la propagación y diseminación de los microorganismos.

El uso indebido de antibióticos es un factor a tener en cuenta dentro de la persistencia de microorganismos en el ambiente, ya que la utilización de estos pueden generar cepas multirresistentes las cuales presentan una mayor dificultad de eliminación, lo que se refleja en enfermedades más difíciles de combatir y sobre costos para su tratamiento.

La política de prevención, control y vigilancia epidemiológica establece que la ausencia de investigación de las IIH, la falta de personal entrenado, falta de planeación en la compra de insumos necesarios para la prevención y el control de estas enfermedades, dificultan la ejecución de las funciones de los comités de IIH, en cuanto a la identificación de factores de riesgo relacionados con los eventos de interés en salud y los grupos poblacionales expuestos a dichos factores, e impide generar acciones para mejorar la calidad de los servicios de salud. Por lo tanto se recomienda diseñar e implementar una metodología sobre el monitoreo de la

calidad microbiológica del aire al interior de los hospitales, con el fin de identificar los microorganismos patógenos oportunistas que pueden aprovechar las condiciones de los inmunodeprimidos y los focos que influyen en las etapas de formación de un aerosol.

BIBLIOGRAFÍA

1. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP 288: Síndrome del edificio enfermo: enfermedades relacionadas y papel de los bioaerosoles. Notas Técnicas de Prevención. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
2. Cortés J. Alcaldía Mayor de Bogotá. [Online]; 2013 [cited 2014 12 27. Available from: <http://bogota.gov.co/>.
3. Barahona Crisostomo SK. Estudio microbiológico del material particulado atmosférico de Santiago mediante herramientas de biología molecular. Tesis de Maestría. Santiago: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza; 2010.
4. Cruz Orjuela AM, Jiménez Pallares AA. Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos oportunistas y su relación con material particulado (PM 2,5 Y PM10) en la localidad de Puente Aranda. Tesis Pregrado. Bogotá D. C.: Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria; 2006.
5. Rosas I, Cravioto A, Ezcurra E. Bacterias en la atmósfera. In Rosas I, Cravioto A, Ezcurra E. Microbiología ambiental. México D.F.: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México; 2004. p. Cap 1.
6. Vélez Pereira M, Camargo Caicedo. Comportamiento Aerodinámico y Viabilidad de las Partículas Biológicas. RE'TAKVN. 2008 Diciembre; I (22).
7. Burrell R. Microbiological Agents As Health Risks in Indoor Air. Environmental Health Perspectives. 1991; 95: p. 29-34.
8. Rose C. Bioaerosols. Epitomes-Occupational Medicine. 1994 Junio; 160(6): p. 566.
9. Blanco Becerra LC. Caracterización microbiológica del material particulado como factor de riesgo sobre la salud en la localidad de Puente Aranda. Épsilon. 2006 Junio; IV (4): p. 49-59.
10. Pérez F, Olaya D. Caracterización cualitativa- cuantitativa de bioaerosoles relacionados con factores meteorológicos y material particulado en Puente

Aranda Bogotá D.C. Tesis Pregrado. Bogotá D.C.: Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria; 2006.

11. Tolosa Moreno DL, Lizarazo Forero LM, Blanco Valbuena JO. Concentración y composición microbiana en el ambiente de la biblioteca central Jorge palacios preciado de la universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. *Actualidades Biológicas*. 2012 Julio; 34(97): p. 241-252.
12. Chao J, Schwartz J, Milton K, Burge HA. Populations and Determinants of indoor air quality in large buildings. *Environmental Health Perspectives*. 2002 Agosto; 110(8): p. 777-782.
13. Luksamijarulkul P, Kongtip P. Microbial Counts and Particulate Matter Levels in Indoor Air Samples Collected from a Child Home-Care Center in Bangkok, Thailand. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 2010 Junio; 41(3): p. 678-684.
14. Berena Herrera A, Rodríguez LA, Niederbacher J. Contaminación biológica intradomiciliaria y su relación con síntomas respiratorios indicativos de asma bronquial en preescolares de Bucaramanga Colombia. *Biomédica*. 2011; 31(3): p. 357-371.
15. Ávila Reyes. Infecciones intrahospitalarias cuestan 727 mil millones anuales. *UN Periódico*. 2013 Aug 14.
16. Secretaría Distrital de Salud de Bogotá. Sistema de vigilancia epidemiológica de infecciones intrahospitalarias. Protocolo. Bogotá D.C.: Secretaría Distrital de Salud de Bogotá, Vigilancia en Salud Pública; 2010.
17. Ministerio de la Protección Social. Decreto 3518 de 2006. Decreto. Bogotá, D.C.; 2006.
18. Organización Mundial de la Salud. Prevención de infecciones nosocomiales. Guía Práctica. La Valeta: Organización Mundial de la Salud; 2003.
19. Organización Mundial de la Salud. Instituto Nacional de Salud. [Online]; 2011 [cited 2015 Septiembre 15. Available from: <http://www.ins.gov.co/iaas/paginas/que-son-las-iaas.aspx>.
20. Nunes Z, Martins A, Altoe AL, Nishikawa M, Leite M, Aguiar P, et al. Indoor air microbiological evaluation of offices, hospitals, industries and shopping centers. *Memorias del Instituto Oswaldo Cruz*. 2005 Julio; 100(4): p. 351-357.
21. Carducci A, Verani M, Lombardi R, Casini B, Privitera G. Environmental survey to assess viral contamination of air and surfaces in hospital settings. *The Journal Of Hospital Infection*. 2011 Marzo; 77(3).

22. Izzedin N, Medina L, Rojas T. Evaluación de bioaerosoles en ambientes de centros de salud de la ciudad de Valencia, Venezuela. Open Access Library Journal, OALib. 2011 Marzo; 39(1).
23. Maldonado M, Peña JJ, Castellanos A. Bioaerosoles y evaluación de la calidad del aire en dos centros hospitalarios ubicados en León, Guanajuato, México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 2014 Agosto; 30(4).
24. Luksamijarulkul, Aiempradit, Vatanasomboon P. Microbial Contamination on Used Surgical Masks among Hospital Personnel and Microbial Air Quality in their Working Wards: A Hospital in Bangkok. Oman Medical Journal. 2014 Septiembre; 29(5): p. 346-350.
25. Rodríguez Moreno NC. Monitoreo microbiológico de aire, superficies y manos del personal asistencial en entidades de salud en departamento del Meta. Tesis Especialización. Bogotá: Universidad del Rosario, Facultad de Medicina; 2009.
26. Pérez D, Máttar S, Mercado M. Alta resistencia de los microorganismos nosocomiales en el Hospital San Jerónimo de Montería. Universitas Médica. 2003; 44(3): p. 131-137.
27. Sligl WI, Dragan T, Smith W. Nosocomial Gram-negative bacteremia in intensive care: epidemiology, antimicrobial susceptibilities, and outcomes. Elsevier. 2015 Agosto; 37: p. 129-134.
28. Henríquez Iguarán DE, Rodríguez ME. Boletín epidemiológico de infecciones intrahospitalarias. Boletín. Bogotá D.C.: Área de Vigilancia en Salud Pública; 2010.
29. Khan A, Ahmad A, Mehboob R. Nosocomial infections and their control strategies. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 2015 Julio; 5(7): p. 509-514.
30. Asociación Estadounidense de Salud Pública. El control de las enfermedades transmisibles. Decimoséptima ed. Chin J, editor. Washington D.C.: Organización Panamericana de la Salud; 2001.
31. Hernández Calleja A. NTP 409: Contaminantes biológicos: criterios de valoración. Notas Técnicas de Prevención. Madrid.