



Documentación

NTP 288: Síndrome del edificio enfermo: enfermedades relacionadas y papel de los bioaerosoles

"Building sick syndrome" et maladies rapportables aux bâtiments: rôle des bioaérosols
Building sick syndrome and building related diseases: bioaerosol involvement

Redactores:

María del Carmen Martí Solé
Lda. en Farmacia

Jordi Obiols Quinto
Ldo. en C. Biológicas y en Farmacia

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Existe una creciente demanda de información en lo concerniente a la calidad del aire interior. Algunos de los trastornos de las personas que habitan en determinados edificios son concomitantes con la presencia de bioaerosoles. La presente Nota Técnica esboza de manera elemental los aspectos más relevantes del origen de los bioaerosoles, y las relaciones entre la exposición de las personas y los trastornos que experimentan.

Bioaerosoles. Conceptos generales

Definición

Los bioaerosoles son partículas transportadas por el aire, constituidas por seres vivos, o moléculas grandes que han sido liberadas por un ser vivo. Los distintos reinos a que pueden pertenecer los seres vivos, junto con algunos ejemplos se presentan a continuación:

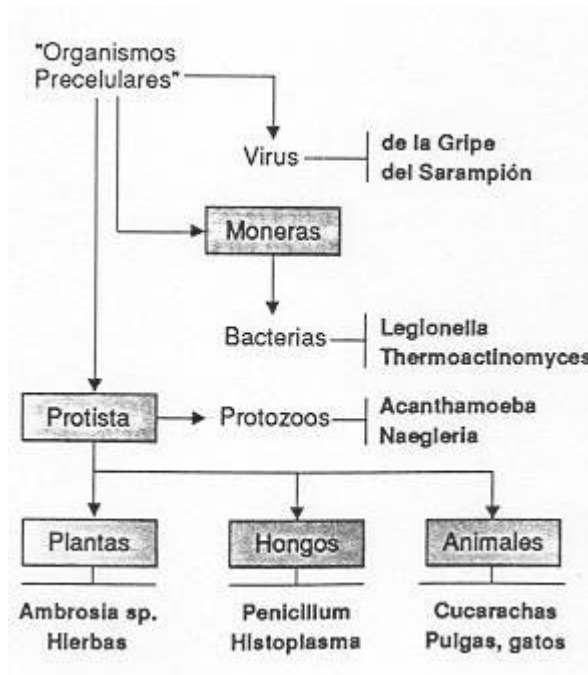


Fig. 1: Reinos a que pertenecen los seres vivos (recuadros en color), con ejemplos de los componentes de bioaerosoles comunes o sus fuentes (en negritas) (Adaptado de Kendrich, 1985)

Tamaño

El diámetro de las partículas constitutivas de los aerosoles oscila desde el submicroscópico ($< 0.1 \mu\text{m}$) hasta el superior a los $100 \mu\text{m}$.

Composición

La mayoría de los bioaerosoles son complejos en cuanto a la naturaleza de sus componentes, de modo que pueden estar constituidos por bacterias, hongos, protozoos, virus, etc., y/o diversas estructuras y compuestos consecuencia de su desarrollo o actividad, tal como se especifica en la siguiente tabla:

Organismo	Unidad Transportada	Ejemplos de Organismos	Efectos humanos primarios	Tipos de vida	Fuentes interiores iniciales
Bacteria	Organismos	Legionella	Neumonía	Parásitos facultativos	Torres de refrigeración
	Esporas	Thermoactinomyces	Neumonía por hipersensibilidad	Saprófitos	Fuentes de agua caliente, superficies mojadas calientes
	Productos	Endotoxinas	Fiebre, escalofríos	-	Reservorios de agua estancada
		Proteínas	Asma	-	Procesos industriales
Hongos	Organismos	Sporobolomyces	Neumonía por Hipersensibilidad	Saprófitos	Superficies ambientales mojadas
	Esporas	Alternaria	Asma (rinitis)	Saprófitos	Aire exterior, superficies mojadas
	Esporas	Histoplasma	Infección sistémica	Facultativos	Excrementos de aves
	Antígenos	Glicoproteínas	Asma, rinitis	-	Aire exterior
	Toxinas	Aflatoxinas	Cáncer	-	Superficies mojadas
	Volátiles	Aldehídos	Dolor de cabeza, irritación de la membrana mucosa	-	Superficies mojadas
Protozoos	Organismos	Naegleria	Infección	Parásito facultativo	Reservorios de agua contaminada
	Antígenos	Acanthamoeba	Neumonía por hipersensibilidad	-	Reservorios de agua contaminada
Virus	Organismos	Gripe	Infección respiratoria	Parásito obligatorio	Huéspedes humanos
Algas	Organismos	Chlorococcus	Asma, rinitis	Autótrofos ^A	Aire exterior
Plantas verdes	Polen	Ambrosia sp.	Asma, rinitis	Autótrofos ^A	Aire exterior
Artrópodos	Heces	Dermatophagoides (artrópodos)	Asma, rinitis	Fagotrofos ^B	Polvo casero
Mamíferos	Escamas de piel	Caballos	Asma, rinitis	Fagotrofos ^B	Caballos
	Saliva	Gatos	Asma, rinitis	Fagotrofos ^B	Gatos

^AAUTOTROFOS: Sintetizan Carbohidratos, ^BFAGOTROFOS: Ingieren Alimentos

Aerosolización

Para que se llegue a producir un aerosol a partir de un organismo o sus partes, se requieren tres condiciones: la presencia de un reservorio, un proceso de amplificación, y la diseminación o aerosolización propiamente dicha. El reservorio es el lugar donde, de forma natural, se encuentra un organismo. La naturaleza del reservorio depende del organismo en cuestión; los reservorios de los organismos parásitos están constituidos por otros seres vivos. Los virus, algunas bacterias y determinados hongos que son parásitos obligados, sólo pueden crecer en huéspedes vivos, ya que fuera del organismo no pueden sobrevivir, y, por tanto, no se desarrollan en reservorios ambientales. La mayor parte de las bacterias y ciertos hongos son parásitos facultativos, por lo que pueden vivir y desarrollarse en organismos vivos o sobre materia orgánica no viva, teniendo algunos de ellos sus reservorios en huéspedes humanos, como es el caso de **Mycobacterium tuberculosis** (la bacteria causante de la tuberculosis humana), mientras otros los tienen en el medio ambiental, como **Legionella** (el agente causante de la legionelosis).

La amplificación consiste en el aumento en número o en concentración de los organismos, sus partes o componentes; proceso imprescindible ya que, sin él, la diseminación, el proceso de dispersión de las partículas constitutivas del bioaerosol, no tendría ningún efecto porque la cantidad de material dispersado sería muy exigua. En los parásitos obligados la amplificación tiene lugar en el propio huésped, y la diseminación se produce desde el mismo, como es el caso del virus de la gripe, que se disemina por la tos y los estornudos de los individuos enfermos. Por el contrario, en el caso de **Legionella**, una bacteria que normalmente se encuentra en las corrientes de agua naturales y en el agua del suelo, se amplifica, por ejemplo, en las torres de refrigeración y se disemina a partir de los efluentes que salen de ellas, pudiendo entrar en contacto con los seres humanos, cuyas células invadirá produciéndose la enfermedad.

Los organismos saprófitos, es decir, los que sólo se desarrollan sobre materia orgánica muerta, como es el caso de la mayoría de los hongos y muchas bacterias y protozoos, se

encuentran en reservorios ambientales, generalmente materia vegetal muerta en el exterior de edificios, se amplifican y diseminan a partir de estos reservorios, pero a veces también lo hacen a partir de sustratos situados en el interior de edificios. Tal es, por ejemplo, el caso de **Aspergillus flavus**, un hongo saprófito que normalmente se encuentra en el ambiente exterior, creciendo sobre restos vegetales agrícolas muertos, pero que también puede amplificarse en sustratos interiores (alfombras mojadas, paredes, etc.), y diseminarse por el aire cuando tales sustratos son movidos.

Control

Algunos bioaerosoles están constituidos por los efluentes procedentes de artrópodos, aves y mamíferos que actúan a modo de reservorios, amplificadores y diseminadores. En general, es difícil realizar un control de los bioaerosoles que se producen en el ambiente exterior, pero sí es posible controlar su presencia y concentración en los ambientes interiores, bien sea impidiendo la entrada de los aerosoles exteriores, bien impidiendo la contaminación de los sustratos interiores, o si ésta se ha producido, eliminando los materiales contaminados y por tanto la fuente de amplificación y diseminación interior. La elección de un sistema adecuado de control requiere el conocimiento de la naturaleza, fuentes y efectos de los bioaerosoles así como disponer de los medios apropiados para su identificación y medida.

Preevaluación médica

Existe toda una serie de trastornos que, a la vez, hacen referencia a diversos síntomas y a las condiciones de los edificios, y se relacionan con la irritación de las membranas mucosas, dolor de cabeza, y fatiga por causas desconocidas; conjunto de síntomas que actualmente se denomina «**síndrome del edificio enfermo**» (SBS, del inglés «sick building syndrome»). En los individuos que presentan este grupo de síntomas, no suelen encontrarse asociados con signos físicos y/o la positividad de determinadas pruebas de laboratorio. Otra cuestión de naturaleza distinta son las **enfermedades relacionadas con los edificios**, que son menos frecuentes, pero a menudo más graves, y van frecuentemente acompañadas de signos físicos y hallazgos de laboratorio. Las enfermedades relacionadas con los edificios incluyen: enfermedades por hipersensibilidad (como la neumonía por hipersensibilidad, la fiebre del humidificador, el asma y la rinitis alérgica), infecciones (como la legionelosis), unas y otras asociadas con la exposición a bioaerosoles y que se comentan más adelante, y síndromes tóxicos que, por estar asociados con la exposición a agentes químicos o físicos, pero no a los bioaerosoles, no son objeto de esta nota técnica.

El síndrome del edificio enfermo

La irritación de las membranas mucosas de los ojos, nariz y garganta son frecuentes en los trabajadores de las oficinas. Los síntomas oculares incluyen escozor, enrojecimiento e irritación, lo que provoca, por ejemplo, que los individuos implicados no pueden utilizar lentes de contacto. Los síntomas nasales incluyen congestión, escozor y abundante secreción nasal, mientras que los que hacen referencia a la garganta incluyen sensación de sequedad.

Las causas específicas del SBS permanecen desconocidas, si bien se acepta que es consecuencia de la insuficiente entrada de aire fresco en el ambiente cerrado. Pero es preciso señalar que existen pocas pruebas acerca de la validez de esta hipótesis y los trastornos no siempre se correlacionan con el grado de ventilación. Los estudios realizados en Europa sugieren que el SBS está asociado con los sistemas mecánicos de

ventilación que utilizan humidificadores y refrigerantes. La percepción de los síntomas relacionados con el trabajo también depende de la categoría laboral y el sexo. Las actividades de los ocupantes y el mobiliario pueden afectar la calidad del aire interior y la incidencia de trastornos. Concretamente, el área de las superficies con materiales lanosos, superficies empapeladas y la cantidad y proporción alergénica de polvo del suelo se han relacionado con la incidencia de trastornos. El origen de una deficiente calidad del aire interior puede ser diferente para distintos edificios, pudiendo ser en ocasiones el propio sistema de ventilación.

Los bioaerosoles no se han asociado de forma concluyente con el SBS, pero se han publicado trabajos en los que se sugiere que las correlaciones entre el SBS y los procesos de enfriamiento y humidificación eran debidas a la contaminación microbiana, y en otros se asocia el SBS con el desarrollo de hongos poco frecuentes. De cara al futuro, la relación entre el SBS y los bioaerosoles se centrará en las endotoxinas, micotoxinas y otros productos microbianos, porque, teóricamente, sus efectos no dependerían de la sensibilización inmunológica, y serían de una duración lo suficientemente corta como para explicar los trastornos que desaparecen cuando los ocupantes dejan el edificio.

En resumen, la existencia de una sola causa que explique el SBS es improbable, y hay que tener presentes muchas hipótesis al determinar la causa de los trastornos en un edificio en particular, incluyendo las proporciones de ventilación, su tipo y mantenimiento, el desprendimiento de gases del mobiliario y la expansión de múltiples irritantes de las actividades de los ocupantes, la contaminación microbiana, etc.

Las enfermedades por hipersensibilidad

Aspectos inmunológicos

Las enfermedades por hipersensibilidad son consecuencia de la exposición a materiales del ambiente que actúan a modo de antígenos estimulando la producción de anticuerpos específicos. En la neumonía por hipersensibilidad, el organismo produce una inmunoglobulina antígenoespecífica, la IgG. Las enfermedades alérgicas (el asma alérgica, la rinitis alérgica o fiebre del heno) se presentan en personas con una constitución genética que les permite la producción de IgE antígenoespecífica.

La implicación de una reacción inmunológica es lo que explica que la proporción de individuos con enfermedades por hipersensibilidad entre los ocupantes de edificios sea baja. No obstante, la aparición de un caso de neumonía debería desencadenar una investigación adecuada para descubrir otros posibles casos, su posible origen y la aplicación de medidas correctoras adecuadas para reducir o eliminar la exposición a bioaerosoles.

La mayoría de los antígenos relacionados con los edificios se acepta que son de origen fúngico, pero los protozoos también pueden estar implicados, y, en el caso de edificios de viviendas, se considera que los ácaros del polvo son los causantes del asma alérgica.

Alveolitis alérgica

La neumonía por hipersensibilidad (alveolitis alérgica) se caracteriza por una neumonía aguda, recurrente, con fiebre, tos, dolor pectoral e infiltrados pulmonares, o por una progresión de latos, disnea, fatiga, y fibrosis pulmonar crónica, o por un patrón intermedio entre enfermedad pulmonar aguda y crónica, y es relativamente frecuente entre las personas expuestas a polvos orgánicos, como son los granjeros, criadores de palomas,

queseros, trabajadores de la madera de secuoya y cultivadores de champiñones. El diagnóstico se basa en la historia laboral del paciente y una serie de pruebas complementarias.

En la sangre de los pacientes pueden encontrarse precipitinas (anticuerpos IgG) frente a los organismos saprófitos comunes o a un extracto de material recogido del ambiente implicado. Pero, a menudo, la fuente microbiana específica del antígeno causante de un brote permanece desconocida, aunque en un caso se ha reconocido el origen fúngico a partir de los cultivos ambientales.

En la literatura reciente, se ha atribuido el origen de determinados casos de alveolitis alérgicas a bioaerosoles formados a partir de mobiliario dañado por el agua y a unidades de procesamiento de aire contaminadas, y, concretamente en dos brotes, se ha reconocido una elevada prevalencia de síntomas característicos del SBS entre los trabajadores expuestos que no presentaban neumonía por hipersensibilidad.

Asma

El asma relacionado con los edificios se caracteriza por molestias consistentes en dolor de pecho, estornudos, tos y disnea. Los síntomas pueden hacer su aparición al cabo de una hora de iniciarse la exposición, o presentarse con un retraso de 4 a 12 horas, o ambas cosas a la vez. El diagnóstico lo hace el médico sobre la base de la historia del paciente, los síntomas, la reversibilidad de la restricción del flujo de aire respiratorio o la obtención de una restricción del flujo de aire frente a las pruebas de provocación con dosis bajas de metacolina o histamina. Los pacientes afectados no deberían permanecer en el ambiente contaminado y se les debería prescribir una medicación adecuada.

Existe poca documentación sobre el asma relacionada con los edificios, pero en algunos casos se ha asociado con el uso de humidificadores, y en concreto con el empleo de biocidas utilizados en estos sistemas, así como con la utilización de nebulizadores caseros.

Renitis alérgica

La rinitis alérgica se diagnostica a partir de la historia del paciente, el examen físico, investigación de eosinófilos en moco nasal, «prick test» cutáneos con aeroalergenos, y niveles elevados de IgE total. Probablemente, la rinitis alérgica sea un trastorno frecuente que permanece enmascarado por las alteraciones debidas al SBS.

Fiebre de los humidificadores

La fiebre de los humidificadores se caracteriza por fiebre, escalofríos, dolores musculares y malestar general, pero no se presentan síntomas y signos pulmonares conspicuos. Estos síntomas aparecen a las 4 - 8 horas de iniciada la exposición y remiten dentro de las 24, sin efectos posteriores.

Enfermedades contagiosas

Legionelosis

La enfermedad de los legionarios es una neumonía que se reconoció por primera vez en una epidemia de 182 casos ocurrida en un hotel de Philadelphia en 1976, causada por la

bacteria **Legionella**, ampliamente difundida en la naturaleza. A partir de aquel momento, los casos epidémicos y endémicos se han asociado con los edificios y en concreto con los aerosoles generados en las torres de refrigeración, condensadores de evaporación, bañeras con chorros de agua a presión, y cabezales de ducha. El tiempo de incubación de esta bacteria hasta producir la neumonía es de cinco o seis días, pero sólo una proporción reducida de la población expuesta desarrolla la enfermedad sintomática, que, además, puede afectar el tracto intestinal, riñones y sistema nervioso central.

Fiebre de Pontiac

Pero la Legionella se asocia también con otra enfermedad relacionada con los edificios, es la llamada fiebre de Pontiac, descrita por primera vez en un brote epidémico de 144 casos ocurrido en un departamento sanitario de Michigan en 1968. La proporción de afectados fue casi del 100%, y el tiempo promedio de incubación, de 36 horas. Los síntomas característicos de la fiebre de Pontiac son: fiebre, escalofríos, dolor de cabeza y mialgias. Los brotes de fiebre de Pontiac, se han asociado con la contaminación de sistemas de aire acondicionado, bañeras con chorros a presión, condensadores de turbina de vapor, y refrigerantes industriales. El porqué de la existencia de dos síndromes distintos causados por un mismo germen permanece actualmente desconocido.

Fiebre Q y otras enfermedades

En determinados edificios especializados, como hospitales y laboratorios de investigación, ocasionalmente aparecen infecciones como epidemias asociadas a edificios, como es el caso de la fiebre Q, causada por la rickettsia (un tipo de microorganismo) **Coxiella burnetti**, que ha sido diseminada a través de los sistemas de ventilación de edificios que alojaban cabras, carneros o ganado infectado, o de edificios en los que se cultivaba este microorganismo. De forma similar se pueden producir casos de ántrax por la dispersión, y posterior inhalación, de esporas de **Bacillus anthracis** a partir de productos animales contaminados.

La importancia de la transmisión aérea de las enfermedades ha sido confirmada en la aparición de determinados brotes de tuberculosis, enfermedad pustulosa de los pollos, sarampión y viruela, y de modo concreto se ha comprobado la transmisión del sarampión por aerosoles transportados a través de los sistemas de ventilación.

Bibliografía

(1) AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNAMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS
Guidelines for the Assessment of Bioaerosols in the Indoor Environment
Cincinnati, 1989

(2) ANONIMUS
Respiratory Illness Associated with Carpet Cleaning at a Hospital Clinic
Virginia. MMWR 32:378-384 (1983)

(3) BERNSTEIN R.S. ET AL.
Exposures to Respirable, Airbone Penicillum from a Contaminated Ventilation System: Clinical, Environmental and Epidemiologic Aspects
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 44(3):161-169 (1983)

(4) BRUNDAGE, J.F. ET AL.
Building-Associated Risk of Febrile Acute Respiratory Diseases in Army Trainees

JAMA 259(14):2108-2112 (1988)

(5) BURGE, P.S. ET AL.

Occupational Asthma in a Factory with a Contaminated Humidifier

Thorax 40: 248-254 (1985)

(6) BURGE, S. ET AL.

Sick Building Syndrome: A Study of 4373 Office Workers

Ann. Occup. Hyg. 31(4A): 493-504 (1987)

(7) FINK, J.

Hypersensitivity Pneumonitis. In: Principles and Practice of Allergy

C. V. Mosby, St. Louis, MO 1983

(8) FINNEGAN, M.J.; PICKERING, C.A.C.

Building-Related Illness

Clinical Allergy 16:389-405 (1986)

(9) FINNEGAN, M.J.; PICKERING, C.A.C.; BURGE, P.S.

The Sick Building Syndrome: Prevalence Studies

Br. Med. J. 289:1573-1575 (1984)

(10) HARRISON, J. ET AL.

The Sick Building Syndrome Further Prevalence Studies and Investigation of Possible Causes. In: Indoor Air '87. Proceedings of the 4th International Conference on Indoor Air Quality and Climate. pp.487-491. B. Seifert, H. Esdorn, M. Fischer, et al.

Eds. Berlin: Institute for Water. Soil and air Hygiene, Berlin (1987)

(11) HODGSON, M.J. ET AL.

An Outbreak of Recurrent Acute and Chronic Hypersensitivity Pneumonitis In Office Workers

Am. J. Epidemiol. 125(4):631-638 (1987)

(12) KAUFMANN, A. F. ET AL.

Pontiac Fever: Isolation of the Etiologic Agent (*Legionella pneumophila*) and Demonstration of Its Mode of Transmission

Am. J. Epidemiol. 114:337-347 (1981)

(13) KENDRICK, B.

The Fifth Kingdom

Mycologie Press, Waterloo, Ontario (1985)

(14) KREISS, K. ET AL.

Respiratory Irritation Due to Carpet Shampoo: Two Outbreaks

Environ. Intl 8(1-6):337-342 (1982)

(15) KREISS, K.; HODGSON, M.J.

Building-Associated Epidemics. In: Indoor Air Quality, pp. 87-108. P.J. Walsh, C.S. Dudley, and E.D. Copenhaver,

Eds. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL (1984)

(16) LA FORCE, F.M.

Airborne Infections and Modern Building Technology

Environ. Intl. 12:137-146 (1986)

(17) MOREY, P.R.

Microorganisms in Buildings and HVAC Systems: A Summary of 21 Environmental Studies. In: Proceedings of IAQ '88, Engineering Solutions to Indoor Air Problems. American Society for Heating, Refrigeration, and Air-conditioning Engineers, Inc. Atlanta,GA (1988)

(18) MOREY, P.R. ET AL.

Environmental Studies in Moldy Office Buildings: Biological Agents Sources and Preventive Measures

Ann. Am. Conf. Govt. Ind. Hyg. 10:21-35 (1984)

(19) REED, C.E. ET AL.

Measurement of IgG Antibody and Airborne Antigen to Control an Industrial Outbreak of Hypersensitivity pneumonitis

J. Occup. Med. 25(3):207-210 (1983)

(20) RILEY, E.C.

The Role of ventilation in the Spread of Measles in an Elementary School

Ann. N. Y. Acad. Sci. 353:25-34 (1980)

(21) ROBERTSON, A.S.; BURGE, P.S.

Building Sickness

The Practitioner 229:531-534 (1985)

(22) ROBERTSON, A.S. ET AL.

Comparison of Health Problems Related to Work and Environmental Measurements in Two Office Buildings with Different Ventilation Systems

Br. Med. J. 291:273-376 (1985)

(23) SKOV, P.; VALBJORN, O.

Danish Indoor Climate Study Group: The «Sick» Building Syndrome in the Office Environment: The Danish Town Hall Study

Environ.Intl. 13:339-349 (1987)

(24) SOLOMON, W.R.

Fungus Aerosols Arising from Cold-Mist Vaporizers

J. Allergy Clin.Immunol. 54:222-228 (1974)

(25) VALBJORN, O.; SKOV, P.

Danish Indoor Climate Study Group. Influence of Indoor Climate on the Sick Building Syndrome Prevalence. In: Indoor Air '87.Proceedings of the 4th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, pp. 593-597.B.

Seifert,H. Esdorn,M. Fischer, et al., Eds. Institute for Water, Soil and Air Hygiene, Berlin (1987)