

# **Efectos de los edificios sobre la salud: ¿Qué es lo que sabemos?**

Ted Schettler  
Science and Environmental Health Network

Elaborado para la reunión del Instituto de Medicina (IOM), 10-11 de enero de 2006  
Instituciones sanitarias ecológicas: salud, medioambiente, economía

Los edificios donde funcionan los hospitales ofrecen un lugar para el cuidado de la salud, el trabajo, la residencia, el refugio y el confort. Su diseño, construcción, operación y mantenimiento tienen influencia sobre la atmósfera interior así como sobre la salud y el bienestar del personal, los pacientes, los visitantes y demás ocupantes. Asimismo, las decisiones sobre diseño y construcción tienen efecto sobre la salud pública y del medio ambiente a nivel regional e incluso mundial. La extracción de materiales y la fabricación de productos, así como su transporte, utilización, reciclado y disposición influyen en la calidad del aire y del agua y en el uso de la tierra, y pueden contribuir al agotamiento de la capa de ozono y al cambio climático. También se ve afectada la salud de los trabajadores que participan de la cadena de abastecimiento, producción y disposición/reciclado, así como de aquellos que trabajan en la construcción, operación y mantenimiento de edificios.

Este documento trata principalmente de la influencia de los edificios en la salud de sus ocupantes. Se detiene brevemente en cuestiones de mayor alcance, incluyendo el carácter apropiado o no de ciertas actividades relacionadas con la atención de la salud.

## **La atmósfera interior:**

La comodidad y la salud relacionadas con las edificaciones se relacionan directamente con la calidad de la atmósfera interior, determinada por la combinación de temperatura, gradientes de temperatura, humedad, luz, ruido, olores, contaminantes químicos, salud personal, requerimientos de las actividades laborales o de otra naturaleza realizadas dentro del edificio y factores psicosociales. Es decir, los edificios son sistemas dinámicos complejos formados por múltiples factores que interactúan, determinando el estado del sistema en un momento dado.

Los microambientes dentro de los edificios pueden ser determinantes sumamente relevantes del efecto de los edificios sobre la salud de los ocupantes. La heterogeneidad espacial, entre una mezcla de variables relevantes, dificulta el estudio y la comprensión de las relaciones causales relacionadas con la salud. (Spengler, 2000)

Gran parte del trabajo enfocado a los efectos de los edificios sobre la salud se centra en las combinaciones de temperatura, humedad, ventilación y contaminación de la atmósfera interior. Entre los contaminantes del aire se pueden mencionar los compuestos orgánicos volátiles (VOC), semivolátiles (SVOC) y microbianos (MVOC), el material particulado, los óxidos de nitrógeno, el ozono, el dióxido de carbono, y los agentes biológicos como bacterias, virus, y esporas fúngicas. Muchos contaminantes del aire se generan puertas adentro, mientras que otros se infiltran desde el exterior. Estos factores interactúan en múltiples combinaciones que varían en función del tiempo y el espacio, aún dentro de la misma habitación o edificio, y esto hace difícil comprender hasta qué grado cada uno contribuye a la evolución de la salud. Por ejemplo, las evaluaciones de la exposición a contaminantes de la atmósfera interior que toman como

hipótesis una concentración homogénea pasarán por alto importantes gradientes de concentración alrededor de las fuentes puntuales de emisión. La concentración puede cambiar varios órdenes de magnitud, según la proximidad a una fuente de emisión. (Furtaw, 1996)

Es preciso considerar en conjunto el diseño, la operación y el mantenimiento de los edificios. Las opciones referidas al diseño y la construcción influirán en la operación y el mantenimiento, determinando la mayor o menor probabilidad de ocurrencia de problemas de salud relacionados con el edificio.

Numerosos estudios que intentan examinar las enfermedades relacionadas con los edificios se ven limitados por su diseño (p.ej. los relevamientos transversales, que son comunes, están limitados por diversos tipos de sesgo), por la falta de información cuantitativa sobre exposición, por la subjetividad en los criterios de valoración, y por la incertidumbre sobre cuáles de los potenciales factores causales deberían medirse. Asimismo, dadas las interacciones entre múltiples factores relacionados con los edificios, las técnicas estadísticas de uso más frecuente no se prestan adecuadamente para el análisis. Los modelos basados en el análisis de componentes principales o en la modelización matemática estructural son, en cierta medida, prometedores, pero requieren ser pulidos antes de poder ser aplicados en forma generalizada. (Pommer, 2004)

### **Enfermedades relacionadas con los edificios, síntomas relacionados con los edificios, síndrome del edificio enfermo, y sensibilidad química múltiple:**

No existe una clara distinción entre salud y confort, y tal vez no sea apropiado trazarla. Las enfermedades relacionadas con los edificios son específicas como, por ejemplo, la enfermedad del legionario, que pueden rastrearse a una única fuente o causa.

Entre los síntomas relacionados con los edificios se puede mencionar:

- síntomas presentes en la membrana mucosa (nariz tapada o con secreciones, sequedad de la garganta, rinitis, estornudos, ojos secos).
- cefalea, confusión, dificultades para pensar o concentrarse, fatiga
- tos, respiración sibilante, asma, infecciones respiratorias frecuentes
- reacciones alérgicas; sequedad de la piel

La denominación "síndrome del edificio enfermo" (SBS) se emplea para describir situaciones en las que los ocupantes de un edificio experimentan síntomas agudos asociados con la salud y el confort, que parecen estar vinculados al tiempo que han pasado en el edificio, si bien con frecuencia no se puede identificar una causa específica. Los problemas pueden circunscribirse a una zona en particular o bien, pueden ser generalizados en todo el edificio. El SBS es lo suficientemente común y ha sido lo suficientemente descrito como para ser considerado una entidad definida por parte de la medicina y de la arquitectura.

Para complicar aún más los análisis, hay quien parece ser especialmente sensible a una amplia gama de contaminantes ambientales a concentraciones relativamente bajas. En algunos de estos individuos, el diagnóstico de sensibilidad química múltiple (MCS) sugiere que es virtualmente imposible separar las

evaluaciones de la calidad de la atmósfera interior de la vulnerabilidad única que presentan ciertos ocupantes del edificio. La fisiopatología del MCS es vaga y controvertida, si bien la base de datos científicos cada vez más sólidamente fundados respalda la importancia de este fenómeno. (National Research Council). Por ende, es difícil trazar una clara línea divisoria entre una atmósfera interior poco saludable y una situación en la cual un subgrupo de los ocupantes del edificio parece presentar una mayor sensibilidad a los niveles más usuales – si bien frecuentemente mal definidos - de contaminantes ambientales.

### **Determinantes de la calidad de la atmósfera interior, el confort y la salud, relacionados con el edificio:**

#### *Emisiones y reactividad de los materiales de construcción:*

Las condiciones de operación del edificio y los productos empleados en su diseño y operación crean un ambiente en el que se pueden producir emisiones y reacciones químicas complejas. Las emisiones directas de los materiales de construcción (emisiones primarias) alcanzan, en general, su nivel más alto poco después de su fabricación y de su uso en construcción, y a partir de ese momento comienzan a declinar. Las emisiones secundarias son causadas por el efecto de otras sustancias o actividades en el material en cuestión. Por ejemplo, la humedad, las sustancias alcalinas en el hormigón, el ozono proveniente del equipo eléctrico o las sustancias de limpieza pueden influir en las emisiones provenientes de los materiales de construcción. Las emisiones secundarias pueden ser un problema de índole crónica. (Sundell, 1999)

Las superficies más frías de una pared pueden aumentar su nivel de humedad relativa local, facilitando las emisiones generadas por el material cubritivo de la pared. La humedad en los pisos de hormigón facilita la degradación por sustancias alcalinas del di-etil-hexil-ftalato (DEHP), un plastificante empleado en los pisos de policloruro de vinilo (PVC) y en otros productos de este material.

El ozono que entra desde el exterior o que es emitido por fotocopiadoras e impresoras láser puede reaccionar con los enlaces dobles no saturados presentes en diversos polímeros, produciendo aldehídos y cetonas. Estas emisiones secundarias pueden ser altamente reactivas e irritar la piel y las membranas mucosas de quienes ocupan estos edificios. (Wolkoff, 1997; Wechsler, 2000)

Los óxidos de nitrógeno provenientes del exterior o generados por fotocopiadoras e impresoras láser también pueden reaccionar con una variedad de compuestos orgánicos volátiles y así formar compuestos irritantes, incluyendo aldehídos. (Wolkoff, 1997). También se forman radicales libres altamente reactivos gracias a las reacciones del NO<sub>2</sub> y el ozono con compuestos no saturados. Muchos de estos compuestos son difíciles de medir, pero aún así pueden ser sumamente relevantes en términos de sus efectos sobre la salud.

#### *Contaminantes presentes en la atmósfera interior asociados con la operación y el mantenimiento de edificios:*

Las decisiones sobre el diseño del edificio también pueden influir sobre qué productos se emplean para la operación y el mantenimiento de rutina - que a su vez también tendrán efecto en la calidad de la atmósfera interior. Algunos productos de limpieza contienen sustancias sensibilizantes o irritantes para las vías respiratorias. Aún los productos de limpieza promocionados como "más ecológicos" suelen contener sustancias de base cítrica o de pino que pueden, por sí solas o debido a una reacción con ciertos oxidantes como el ozono, contribuir a la contaminación de la atmósfera interior.

Los ocupantes de aquellos edificios aseados más de una vez por semana tienden a declarar menos síntomas relacionados con el edificio. (Skyberg, 2003)

El diseño del edificio y de las áreas verdes circundantes puede influir en la probabilidad de ocurrencia de plagas en el interior del edificio. La aplicación rutinaria de estrategias integradas para el control de plagas puede reducir el uso de plaguicidas dentro y fuera del edificio, contribuyendo así a una mejor calidad ambiental dentro del edificio.

#### *Ventilación:*

Una velocidad de ventilación alta o baja puede tener un efecto significativo en los síntomas. Existen pruebas limitadas que sugieren que aumentar la velocidad de ventilación hasta 10 L/s por persona puede ser efectivo para reducir la prevalencia de síntomas y la insatisfacción de los ocupantes con la calidad del aire; también sugieren que las velocidades superiores no son efectivas. (Spengler, 2000). Pero debido a las complejas relaciones entre velocidades de ventilación, niveles de contaminantes, y problemas de salud relacionados con los edificios o satisfacción con la calidad del aire, el uso de la ventilación como medida para mitigar los problemas referentes a la calidad del aire se debería analizar a la luz de una comprensión de sus límites.

#### *Humedad:*

La humedad en los edificios puede favorecer el crecimiento de moho, sobre todo sobre superficies que contengan sustancias orgánicas que puedan servir como fuente de nutrientes. Los sistemas HVAC (ventilación, calefacción y aire acondicionado) también pueden emitir MVOC. Fung y Hughson revisaron todos los estudios en idioma inglés (n=28) publicados entre 1966 y 2002 sobre exposición a moho en ambientes cerrados y sus efectos sobre la salud humana. Llegaron a la conclusión que la humedad excesiva promueve el crecimiento de moho y se asocia con una mayor prevalencia de síntomas debido a irritación, alergias e infecciones. No obstante, los métodos para evaluar la exposición y los efectos sobre la salud no han sido adecuadamente normalizados.

#### *Materiales superficiales:*

Diversos estudios muestran una correlación entre ciertos materiales empleados en superficies dentro de ambientes cerrados y el riesgo de asma, respiración sibilante o alergia. Entre los materiales que pueden vincularse causalmente con dichos síntomas se pueden mencionar los pisos y paredes de PVC, el linóleo nuevo, las alfombras sintéticas y el aglomerado. (Jaakkola, 2004). Se ha informado, en niños, un mayor riesgo de obstrucciones bronquiales, respiración sibilante y síntomas de alergia en asociación con superficies de PVC y de materiales que lo contienen como plastificante. (Jaakkola, 1999; Oie, 1999; Bornehag, 2004; Tuomainen, 2004; Norback, 2000)

#### *Contaminación del aire con material particulado:*

El material particulado que contamina las atmósferas interiores puede ser de tamaño y composición variable. Las partículas pueden contribuir a la aparición de síntomas relacionados con los edificios en quienes los ocupan, pero no se sabe a ciencia cierta cuál es la contribución relativa del tamaño, la masa y la composición de las partículas. (Christensson, 2002). El pulido de pisos a alta velocidad puede contribuir significativamente a la generación de partículas en suspensión, dependiendo del equipo empleado y de la

naturaleza del material superficial. (Bjorseth, 2002; Roshanaei, 1996)

### **Efectos sobre la salud más allá de los edificios:**

También es importante reconocer que las elecciones referentes al diseño, la construcción y la operación de los hospitales puede tener un amplio efecto en la salud y el medio ambiente, desde el consumo de agua y energía hasta el transporte de materiales y las cuestiones referentes a la salud laboral, pasando por toda la cadena de abastecimiento de los materiales.

La liberación de contaminantes ambientales relacionada con las prácticas de extracción, fabricación y disposición de materiales puede tener consecuencias para la salud pública y del medio ambiente a nivel regional e incluso mundial. Los diseñadores de edificios tienen la oportunidad de ejercer una influencia en la salud del trabajador y en la salud pública y del medio ambiente a través de una selección informada de materiales y de la consideración de las cuestiones relacionadas con el bienestar del trabajador y la justicia social.

Asimismo, es esencial comenzar a ocuparse explícitamente del efecto a largo plazo en la salud pública y ambiental de las mismas prácticas para la atención de la salud. Dichas actividades rara vez son objeto del mismo escrutinio con que analizamos la infraestructura edilicia.

En los Estados Unidos, los gastos en atención de la salud representan cerca de 15 % del PBN. Esta cantidad crece año a año y gran parte de este crecimiento se puede atribuir al desarrollo de nuevas tecnologías, cada una con sus propias consecuencias para la salud pública y ambiental.

La extracción de recursos, la fabricación de materiales y la disposición de residuos son responsables de la mayor parte de los efectos que tienen los seres humanos en la naturaleza. La escala de las actividades relacionadas con la atención de la salud y los efectos de los flujos de materiales relacionados durante todo el ciclo de vida contribuyen sustancialmente a la degradación del medio ambiente. El equipamiento de alta tecnología, los productos farmacéuticos, el transporte y el consumo de agua y electricidad dentro del ámbito del cuidado de la salud tienen importantes efectos sobre el medio ambiente. A pesar de la determinación de crecer que tienen muchos países, se debe recortar drásticamente la producción de materiales a fin de alcanzar la sustentabilidad. El sistema de atención de la salud debe hacerse cargo de su parte.

Pierce and Jameton han planteado una sólida postura en favor de la responsabilidad ética propia del cuidado de la salud. (Pierce y Jameton, 2004). Las mejoras marginales en las políticas de materiales podrían ser de ayuda, pero también se requiere un reexamen fundamental del alcance de los servicios clínicos. El mismo podría resultar inevitablemente en problemas relacionados con la racionalización, pero ésta, según Pierce y Jameton, no debería considerarse como un servicio inferior al óptimo sino como un servicio óptimo y sustentable, si es que la industria de la atención de la salud pretende asumir su responsabilidad para con el medio ambiente.

### **Conclusiones:**

Los edificios son sistemas dinámicos complejos que comprenden múltiples materiales ensamblados, y cuya operación resulta en una atmósfera interior caracterizada por una considerable heterogeneidad espacial y temporal. Las enfermedades relacionadas con los edificios son el resultado de múltiples factores que, con frecuencia, son difíciles de cuantificar, y que interactúan en forma compleja. Es

necesario llevar adelante una considerable investigación adicional a fin de profundizar en la comprensión de los efectos que tienen los edificios sobre la salud. Las técnicas estadísticas utilizadas para el análisis de sistemas dinámicos complejos podrían ser de utilidad y vale la pena explorarlas más a fondo.

Si bien es difícil establecer pautas generales claramente definidas que estén basadas en la evidencia para todos los aspectos del diseño, la construcción y la operación de edificios, en la literatura se destacan varios puntos. Se debería elegir materiales de baja emisión. Se debería reducir el uso de materiales que pudieran favorecer el crecimiento de moho. El diseño, la construcción y la operación de edificios deberían evitar la acumulación de humedad. La selección de los materiales debería tener en cuenta los requisitos de limpieza y el grado hasta el cual la limpieza puede afectar la concentración de VOC y de material particulado. Los materiales de baja emisión, sumados a un adecuado control de la ventilación, la temperatura y la humedad, contribuirán a una atmósfera interior de mayor calidad.

La salud del individuo, de la comunidad y del medio ambiente están interrelacionadas. Se ven afectadas por las decisiones referidas al diseño, la construcción y la operación de edificios, y debería ser rutinario evaluarlas durante las etapas de planificación. Al margen de la atención que se debe prestar a los efectos directos e indirectos sobre las decisiones concernientes al diseño, la construcción y la operación de edificios, también es necesario reexaminar a fondo el alcance de los servicios clínicos, si es que la industria de la atención de la salud pretende cumplir con su responsabilidad para con el medio ambiente.

---

## Referencias

- Bjorseth O, Bakke J, Iversen N, Martens B. Characterization of emissions from mechanical polishing of PVC floors. <http://www.nyf.no/bergen2002/papers/abstracts/Labstr.pdf>
- Bornehag C, Sundell J, Sigsgaard T. Dampness in buildings and health (DBH): report from an ongoing epidemiologic investigation on the association between indoor environmental factors and health effects among children in Sweden. *Indoor Air* 14(suppl 7):59-66, 2004.
- Christensson B, Jansson A, Johansson J. Particles indoor in sick and healthy buildings. <http://www.nyf.no/bergen2002/papers/abstracts/L-abstr.pdf>
- Fung F, Hughson W. Health effects of indoor fungal bioaerosol exposure. *Appl Occup Environ Hygiene* 18:535-544, 2003.
- Furtaw E, Pandian M, Nelson D, Behar J. Modeling indoor air concentrations near emission sources in imperfectly mixed rooms. *J Air Waste Manag Assoc* 46(9):861-868, 1996.
- Jaakkola J, Oie L, Nafstad P, Botten G, Samuelsen S, Magnus P. Interior surface materials in the home and the development of bronchial obstruction in young children in Oslo, Norway. *Am J Public Health* 89(2):188-192, 1999.
- Jaakkola J, Parise H, Kislitsin V, Lebedeva N, Spengler J. Asthma, wheezing, and allergies in Russian

schoolchildren in relation to new surface materials in the home. *Am J Public Health* 94(4):560-562, 2004.

National Research Council. *Multiple Chemical Sensitivities*. National Academy Press. Washington DC, 1992.

Norback D, Wieslander G, Nordstrom K, Walinder R. Asthma symptoms in relation to measured building dampness in upper concrete floor construction, and 2-3thyl-1-hexanol in indoor air. *Int J Tuberc Lung Disease*. 4(11):1016-1025, 2000.

Oie L, Nafstad P, Botten G, Magnus P, Jaakkola J. Ventilation in homes and bronchial obstruction in young children. *Epidemiology* 10(3):294-299, 1999.

Pierce J, Jameton A. *The Ethics of Environmentally Responsible Health Care*. New York: Oxford University Press, 2004.

Pommer L, Fick J, Sundell J, Nilsson C, Sjostrom M, Stenberg B, Andersson B. Class separation of buildings with high and low prevalence of SBS by principal component analysis. *Indoor Air* 14(1):16-23, 2004.

Roshanaei H, Braaten D. Indoor sources of airborne particulate matter in a museum and its impact on works of art. *J Aerosol Sci* 27(suppl 1):443-444, 1996.

Skyberg K, Skulberg K, Eduard W, Skaret E, Levy F, Kjuus H. Symptoms prevalence among office employees and associations to building characteristics. *Indoor Air* 13 (3):246-252, 2003.

Spengler J, Chen Q. Indoor air quality factors in designing a healthy building. *Annu Rev Energy Environ* 25:567-601, 2000.

Tuomainen A, Seuri M, Sieppi A. Indoor air quality and health problems associated with damp floor coverings. *Intl Arch Occup Environ Health* 77(3):222-226, 2004.

Wolkoff P, Clausen P, Jensen B, Nielsen G, Wildins C. Are we measuring the relevant indoor pollutants? *Indoor Air* 7(2):92-106, 1997.