

Salud ambiental

Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología

Ambiente interior en vivienda inmobiliaria

[Dr. Carlos Barceló Pérez,¹](#) [Dra. Tayseth Fuentes Rojas²](#) y [Dra. Raisa Guzmán Piñeiro³](#)

Resumen

Los proyectos inmobiliarios pueden contribuir al restablecimiento de la salud cuando sus espacios funcionales reúnen las condiciones apropiadas. En La Habana se promueven proyectos con innovaciones tecnológicas de alto *comfort*, y definir los resultados de estas constituye nuestro objetivo, al comparar las condiciones ambientales físicas de la vivienda con el intemperismo del entorno. Un estudio descriptivo transversal en la inmobiliaria *Monte Carlo Palace*, realizado durante 10 días, evaluó el microclima, la iluminación, la ventilación y el ruido, con el uso de las metodologías recomendadas por el Consejo de Ayuda Mutua Económica. La vivienda resultó más fría y seca en el interior. Se destacó más alta temperatura y más reducida humedad en la habitación y en el baño, mientras el intercambio de aire en este último no satisfizo la norma. La iluminación natural fue inapropiada en todos los locales, excepto en la sala. El nivel sonoro en la vivienda transgredía levemente el nivel máximo admisible y su exterior reveló una contaminación sonora severa.

Palabras clave: Vivienda, salud, estresores, temperatura, calor radiante, humedad, viento, ventilación, iluminación, ruido.

Las condiciones de la vivienda pueden considerarse factores de riesgo o por el contrario agentes de la salud de los residentes, según el grado de conciencia, voluntad y los recursos del hombre que la ubica, diseña, construye y habita.¹⁻⁹ La vivienda influye favorablemente en los procesos restauradores de la salud, cuando sus espacios funcionales reúnen las condiciones apropiadas para los que fueron diseñados.¹⁰⁻¹³ En la vivienda, el concepto de microclima alude a las condiciones físicas del aire interior de los locales (temperatura, humedad, viento y calor radiante) y la ventilación general es el proceso de control de calor o remoción de contaminantes atmosféricos a través de la circulación de este aire.¹⁴

El síndrome del edificio enfermo define un complejo de síntomas no específicos atribuidos a su permanencia en el ambiente interior. En contraste, la "enfermedad edificio-relacionada" señala las enfermedades específicas atribuidas a factores intrínsecos que influyen en la salud tales como: emisiones, calidad del aire, clima interior, abastecimiento de agua y disposición de las aguas residuales, ondas sonoras, vibraciones, radiaciones ionizantes, construcción, materiales y diseño, así como características de un hogar (funcionalidad y factores psicológicos). Vigilar los impactos en salud de la vivienda implica monitorear sus factores de riesgo.¹⁵⁻²²

En La Habana, actualmente se promueven nuevos proyectos inmobiliarios caracterizados por innovaciones tecnológicas de alto *comfort*. Definir resultados de tales innovaciones constituye el objetivo del presente estudio, donde se describe el contraste

de las condiciones ambientales físicas de la nueva vivienda en un caso de estudio en relación con el intemperismo del entorno.

Métodos

Se plantea un estudio descriptivo transversal de carácter orientador, dirigido a establecer una comparación entre las condiciones del aire interior en un apartamento tipo de un proyecto de vivienda inmobiliaria y las condiciones de intemperismo en el exterior, a partir de la selección de un período de transición de 10 días entre las 2 estaciones climáticas del régimen húmedo subtropical de Cuba. El apartamento seleccionado para este estudio radica en el edificio *Monte Carlo Palace*, ubicado en la zona oeste de la ciudad denominada Miramar. El universo abarca las condiciones físicas del aire ambiente interior y exterior de la vivienda, en el período de tiempo estudiado. Las metodologías utilizadas se corresponden con las recomendadas por el Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME), en 1990.

Microclima: Para caracterizar el comportamiento de la carga térmica en un período inconfortable, se efectuaron mediciones de temperatura seca, húmeda, de globo, de bulbo húmedo natural y la velocidad de la corriente de aire entre las 10:00 y las 15:00 h, en todos los espacios funcionales de la vivienda. El monitoreo de las condiciones físicas del aire en el ambiente exterior, próximo a la edificación, se efectuó en un punto caracterizado por las condiciones naturales, libre de irradiaciones térmicas y a unos 20 m de la vivienda. Las condiciones higrotérmicas del aire interior y exterior fueron monitoreadas permanentemente a través de 2 higrotermógrafos dentro y fuera de la vivienda, a una altura de 1,5 m. Los higrotermógrafos fueron ajustados y corregidos por los saltos de tiempo. Las incertidumbres fueron de 0,1 °C para las temperaturas, 2 % para la humedad relativa y 1 m/min para la velocidad de la corriente de aire. En el caso de los higrotermogramas, las series ajustadas presentaron una incertidumbre remanente del orden de 0,2 °C y 2,5 % de humedad relativa. El período térmicamente inconfortable fue estudiado desde una torre con 2 termómetros comunes y un psicrómetro que fue deslizado entre los locales de la vivienda. Sincrónicamente se registró la temperatura y la humedad relativa del aire exterior. Con un anemómetro de cazoletas se midió la velocidad de la corriente de aire en los centros geométricos de los locales a alturas de 0,5 y 1,05 m, y en el exterior a 2 m. Se utilizó uno de aspas en los extractores de aire de la vivienda. Se estudió el comportamiento de la temperatura, la humedad relativa y el movimiento del aire en la habitación, la cocina, el baño y la sala de estar, más el índice de temperatura de globo-bulbo húmedo natural en la cocina. Para esto se efectuaron 3 juegos de mediciones dobles por día en cada local, durante la mañana y la tarde, de los cuales 2 correspondían a mediciones exteriores. La temperatura seca y húmeda exterior se tomó a 1,65 m. En la cocina se midió la temperatura de globo, así como la seca y la húmeda natural, a 1,05 m, con su funcionamiento luego de 15 min de ignición con agua hirviendo.

Iluminación: Se estudió la iluminación natural (diurna) y la iluminación artificial (nocturna), en el horario entre las 5:00 y las 7:00 pm. Las mediciones se efectuaron en el centro de cada local (sala, dormitorio, cocina y baño). Además, se realizó una en la meseta de la cocina, una en el lavamanos del baño y una en la cabecera de la cama en el dormitorio, respectivamente. En cada uno de los puntos se realizaron 2 mediciones de 1 min. Las mediciones se efectuaron en un plano horizontal a 80 cm de altura para la descripción de la iluminación general (Comité Estatal de Normalización. "Iluminación

natural en edificaciones").

Elaboración de Proyectos de Construcción. NC 53-86, 1983. Ciudad de La Habana. Fue calculado el coeficiente de iluminación natural "e", como cociente de la iluminación interior puntual sobre la exterior difusa de bóveda. Las mediciones exteriores se efectuaron continuamente cada 5 min durante las mediciones interiores diurnas, con auxilio de un luxómetro Yu-116, y la colocación de la celda fotoeléctrica a 1,15 m de altura en la zona exterior de la edificación, en un soporte especial que previene la incidencia directa de la insolación en el plano horizontal de la celda. La iluminación exterior sincrónica se calculó por interpolación lineal. En las mediciones interiores se utilizó el luxómetro *Yew Yokogawa 3281*. La incertidumbre instrumental bajo calibración fue del 5 %, y en las mediciones nocturnas se activaron las fuentes artificiales de luz de la vivienda para el estudio. Para reflejar el clima luminoso artificial se efectuaron determinaciones absolutas de la iluminación en *luxes*.

Ruido: Se estudió el nivel sonoro, reflejo de audibilidad, como índice de ruido ambiental en viviendas habitadas. Se efectuaron 6 mediciones: 4 interiores (2 con las cortinas plegadas y 2 con las cortinas desplegadas) y 2 exteriores, cada una con un tiempo de duración de 1 h. Se empleó un sonómetro BK-2230 con micrófono prepolarizado de ½" 4155, y se operó con ponderación de frecuencia "A" y respuesta eficaz rápida-RMS: 125-1,2 m sobre el piso de la vivienda y en la proximidad del centro de la sala, a no menos de 1 m de separación de los objetos, con eje longitudinal del micrófono dirigido al vano de la edificación en el local objeto de estudio. Para la calibración se emplearon pistófonos BK-4230, sin tolerar desviaciones mayores a 0,5 dB (SPL) del patrón en el control pre y posmedición. Los lineamientos para el método de medición se corresponden con recomendaciones metodológicas del CAME 23 y con la Norma Cubana NC:26; 1999.24. Para el tratamiento de $L_{mín}$ como ruido de fondo exterior, se asumió que refleja las fuentes más cosmopolitas. Para el tratamiento de L_{eq} se efectuó una generalización de su carácter de tendencia central por energía mediante el cálculo del promedio *log-antilog* (L_{eq}). Para el tratamiento del $L_{máx}$ se asumió que refleja la situación más desfavorable del ruido de impacto. No se encontraron diferencias de los valores dentro del rango del error experimental. El error de la medición fue de 1dB (SPL, S).

Resultados y Discusión

Análisis de las temperaturas exteriores e interiores

Provenientes de los registros continuos de temperatura y humedad relativa, se analizan los datos corregidos horarios de los higrótermogramas, en los que resulta relevante una diferencia de temperatura media de aproximadamente 1 °C más frío en el interior de la vivienda y el rango de las temperaturas interiores resulta 3,6 veces más estrecho con respecto a las exteriores. La relación sincrónica de las temperaturas interiores y exteriores de la vivienda es débil, lo que atestigua el bajo coeficiente de correlación entre ambas variables y la regresión lineal ajustada que pudiera establecerse entre ellas, donde la pendiente es prácticamente nula. Las series cronológicas de la temperatura interior y exterior son una realización de procesos auto-regresivos en el tiempo; la exterior suma un ciclo diario y un armónico. El análisis espectral bivariado, en ausencia de ciclos significativos en la marcha de la temperatura del aire interior, no permite

confirmar relación alguna entre los componentes de frecuencias de las estructuras de las series cronológicas de temperaturas.

Análisis de la humedad relativa exterior e interior

En el análisis estadístico de la humedad relativa del aire exterior e interior a la edificación objeto de estudio, resulta relevante una diferencia de humedad relativa media de aproximadamente 5 % más húmedo en el interior de la vivienda, y el rango de las humedades interiores es 2,6 veces más estrecho con respecto a las exteriores, lo que muestra índices de posición y dispersión de las humedades dentro de la vivienda objeto de estudio. Al igual que la temperatura, no aparece correlación en datos sincrónicos. La serie cronológica de la humedad relativa interior es una realización de un proceso de deslizamiento en el tiempo, en tanto la exterior es una realización de un proceso autoregresivo, lo que puede, en este caso, comprobar la existencia de un ciclo diario de oscilación junto a un múltiplo de esta frecuencia. El análisis espectral bivariado, dada la ausencia de ciclos significativos en la marcha de la humedad relativa del aire interior, no permite confirmar relación alguna entre los componentes de frecuencia de las estructuras de las series cronológicas de humedad (tabla 1).

Tabla 1. Medidas resúmenes de información de la temperatura y de la humedad relativa interior y exterior a la vivienda (°C). Indicadores de posición y dispersión

Temperatura	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	S
Interior	217	23,7	23,7	21,4	25,0	3,6	0,74
Exterior	217	24,6	24,3	18,2	31,3	13,1	3,03
Humedad relativa	N	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	S
Interior	217	74	74	67	83	16	3
Exterior	217	69	70	45	87	42	10

Fuente: Procesamiento estadístico de la información.

Evaluación comparativa del microclima en los locales de la vivienda

Existe un contraste del microclima entre los locales de la vivienda, caracterizado por más alta temperatura y más reducida humedad en la habitación y en el baño. Con menor significación estadística, el microclima de la mañana contrasta con el de la tarde por las temperaturas a menor altura sobre el suelo de los locales. El ANOVA para el WBGT estratificado por período de tiempo (mañana y tarde) revela una probabilidad de la hipótesis nula de 0,7290, lo que demuestra que el índice de calor radiante WBGT no cambia sensiblemente de la mañana a la tarde en la cocina (fig.).

FIG. El comportamiento del índice de temperatura de globo de bulbo húmedo (WBGT) del aire en 2 períodos del día en la cocina de la vivienda. ANOVA para el WBGT de la mañana a la tarde: $F(1,18) = 0,1238$.

Ventilación

El intercambio de aire que se produce en la cocina corresponde a 10,7 recambios por hora, que satisface los niveles de referencia asumidos al hallarse por encima de los valores críticos y en la región de aceptabilidad, mientras el que se produce a nivel del baño no satisface enteramente los niveles de referencia asumidos en los estándares, por lo que se considera deficitaria la ventilación en el baño al ocurrir 10 recambios/hora con la puerta cerrada, lo que comporta un caudal de 67,69 pie³/min.

Iluminación natural

El coeficiente de iluminación natural²⁵ calculado para los locales de la vivienda muestra valores comúnmente bajos en todos los locales investigados, consecuencia del diseño de la vivienda carente de fenestración en varios de los espacios funcionales de esta. Los colores de las paredes y techos son claros, lo que garantiza coeficientes de reflexión elevados. No obstante, la reducida fenestración provee poca penetración de la luz difusa. El coeficiente "e" en la cocina, comedor, baño y *hall* fue 0, resultado que no satisface el valor crítico establecido en la norma. Por lo expresado hasta ahora podemos constatar que solo en el 17 % de los locales se cumple el estándar usado para la evaluación sanitaria del coeficiente "e".

Iluminación artificial

La iluminación absoluta calculada para un clima luminoso artificial²⁶ en los diferentes locales de la vivienda presenta valores comúnmente bajos en todos los investigados, consecuencia de la débil potencia de las luminarias utilizadas en el sistema de alumbrado. En todos los locales se incumple con el estándar de referencia.

Ruido

Los niveles sonoros del exterior de la vivienda alertan sobre una contaminación acústica severa en el área peatonal adyacente a la Quinta Avenida durante las horas diurnas de monitoreo. El nivel máximo admisible de 47 dB (AF) Leq y el valor tolerable de 68 dB (AF) Leq para una zona de tránsito se transgreden. En el interior de la vivienda se constatan niveles equivalentes de ruido continuo de 1 h Leq mayormente reducidos, y no se verifica un contraste notable con el despliegue o no de la cortina sobre la ventana (tabla 2).

Tabla 2. Niveles sonoros horarios del interior y el exterior de la vivienda en horario diurno

	Lmín (dB[AF])	Lmáx (dB[AF])	Leq (dB[AF])
Fondo en Quinta Avenida	52,6	95,8	72,9
Sala con cortina abierta	39,1	58,9	42,2
Sala con cortina cerrada	38,5	65	42,7

El Leq en el interior de la vivienda en período diurno, según la NC 26 de 199925 se encuentra ligeramente por encima del NMA de 37 dB (AF) 1 h, pero por debajo del VT de 63 dB (AF) Leq 1 h. El fondo acústico cosmopolita reflejado por el parámetro Lmín se deprime en el interior de la vivienda hasta 14,1 dB (AF), y los valores extremales máximos, reflejados por Lmáx, caen hasta en 37 dB (AF). Las diferencias entre el exterior e interior del Leq y el Lmáx responden al aislamiento brindado por los elementos arquitectónicos y a la distancia de la vivienda a la vía de tránsito, ya que se encuentra ubicada en el interior de la edificación. El débil incumplimiento registrado por los valores observados en relación con la norma podría ser por la localización de la edificación en un ambiente acústicamente muy deteriorado, más que por las deficiencias de aislamiento que ofrece el objeto de obra.

Se concluye que las series cronológicas horarias de temperatura y humedad son mayormente procesos autoregresivos y deslizantes con ciclos superpuestos, en el caso de condiciones de intemperismo. En medias la vivienda es más fría y seca que en el exterior. La temperatura es más alta y la humedad más reducida en la habitación y en el baño.

El intercambio de aire que se produce a nivel del baño no satisface enteramente los niveles de referencia asumidos en los estándares, por lo que se considera deficitaria la ventilación en el baño.

El coeficiente de iluminación natural califica de inapropiado el ambiente luminoso en la habitación, el baño, el comedor, la cocina y el *hall*, mientras que la iluminación absoluta artificial es inapropiada unánimemente en todos los locales investigados.

El nivel sonoro en período diurno, en el área peatonal aledaña a la vivienda, revela una contaminación sonora severa según su evaluación sanitaria. En el interior de la vivienda se detecta solo una leve transgresión del nivel máximo admisible en igual período.

Summary

The real state projects may contribute to health recovery when their functional spaces meet the appropriate conditions. Projects with high comfort technological innovations are promoted in Havana City and, in this sense, it is our goal to define the results on comparing the physical environmental conditions of the house with the conditions outdoors. A descriptive cross-sectional study was conducted at Monte Carlo Palace Real State for 10 days to evaluate microclimate, lighting, ventilation and noise by using

methodologies recommended by the Council for Mutual Economic Assistance. The house proved to be colder and dryer inside. Higher temperature and lower humidity were observed in the bedroom and in the bathroom, whereas the air exchange in the latter did not fulfilled the norm. Natural lighting was inappropriate in every room, excepting in the living-room. The sound level in the house exceeded mildly the maximum admissible level and a severe sound pollution was detected outside.

Key words: Housing, health, stress, temperature, radiant heat, humidity, wind, ventilation, lighting, noise.

Recibido: 22 de septiembre de 2003. Aprobado: 29 de enero de 2004.

Dr. *Carlos Barceló Pérez*. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Calle Infanta No.1158, entre Llinás y Clavel, Ciudad de La Habana, Cuba.

Referencias bibliográficas

1. Krieger J, Allen C, Cheadle A, Ciske S, Schier JK, Senturia K, et. al. Using community-based participatory research to address social determinants of health: lessons learned from Seattle Partners for Healthy Communities. *Health Educ Behav* 2002;29(3):361-82.
2. World Health Organization: Guidelines from Healthy Housing. Regional Office for Europe. Copenhagen: WHO;1998[STANDARDIZEDENDPARAG]
3. Anderson LM, Fielding JE, Fullilove MT, Scrimshaw SC, Carande-Kulis VG. Methods for conducting systematic reviews of the evidence of effectiveness and economic efficiency of interventions to promote healthy social environments. *Am J Prev Med.* 2003;24(3 Suppl):25-31.
4. Bailie RS, Runcie MJ. Household infrastructure in aboriginal communities and the implications for health improvement. *Med J* 2001;175(7):363-6[STANDARDIZEDENDPARAG]
5. Krieger J, Higgins DL. Housing and health: time again for public health action. *Am J Public Health.*2002;92(5):758-68.
6. Lamphear BP, et al: Lead-contaminated house dust and urban children's blood lead levels. *Am J Public Health* 1996; 86(10):1416-21.
7. Ambrose PJ. Living conditions and health promotion strategies. *JR Soc Health.* 2001;121(1):9-15.
8. Organización Panamericana de la Salud: La salud en las Américas. Vol 1, Washington DC, 1998:p.368.
9. Castillo-Salgado C, Mujica O, Loyola E: Análisis de la situación de salud y sus tendencias en las Américas por subregión, 1980-1998. *Bol Epidemiol* 1999;20(1):2-10.
10. Organización Panamericana. Orientaciones estratégicas y programáticas para la Oficina Sanitaria Panamericana, 1999-2002. Washington DC, 1999. (Documento Oficial 291 PAHO).
11. Husman TM. The Health Protection Act, national guidelines for indoor air quality and development of the national indoor air programs in Finland. *Environmentally induced diseases. Public Health* 1999;107(3):515-9.
12. Somerville M, Basham M, Foy C, Ballinger G, Gay T, Barton AG. Torbay Healthy Housing Group. From local concern to randomized trial: the Watcombe Housing Project. *Health Expect* 2002;5(2):127-35.
13. Ahasan R, Campbell D, Salmoni A, Lewko J. Ergonomics of living environment for the people with special needs. *Ergonomics of living environment for the people with special needs. JR Soc Health* 2001;120(1):9-12.

14. World Meteorological Organization: Climate, Urbanization and Man. Geneva. World Climated Programme;1995.
15. Burr ML, Anderson HR, Austin JB, Harkuns LS, Kaur B, Strachen DP. Síntomas respiratorios y ambiente familiar en niños. *Tórax*. 1999;54(1):27-32.
16. Dounes J, Van Der Sluis B, Doekes G, Van-Leusden F, Wijnands L, Van Strien R, et. al. Polisacáridos extracelulares fungicidas en polvo de la casa como marcador para exposición a los hongos: relaciones con los hongos, la humedad casera y los síntomas respiratorios. *J Allergy Clin Immunol* 1999;103(3 pinta 1):494-500.
17. Lopuhaa CE, Out TA, Jansen HM, Aalberse RC. Allergen-induced bronchial inflammation in house dust mite-allergic patients with or without asthma. *Clin Exp Allergy* 2002;32(12):1720-7[STANDARDIZEDENPARAG]
18. Halcken S. Early sensitisation and development of allergic airway disease risk factors and predictors. *Pediatr Respir Rev* 2003;(2):128-34.
19. Ando M. Indoor air and human health sick house syndrome and multiple chemical sensitivity. *Kokuritsu Iyakuhiin Shokuhin Eisei Kenkyusho Hokoku* 2002;(120):6-38.
20. Azofra J, Lombardero M. Limpet anaphylaxis: cross reactivity between limpet and house-dust mite *Dermatophagoides pteronyssinus*. *Allergy* 2003;58(2):146-9.
21. Smith PA, Davis A, Ferguson M, Lutman ME. The prevalence and type of social noise exposure in young adults in England. *Noise Health* 2000;2(6):41-56.
22. Joseph M, Bradburn P. Ambient noise strategy: a solution for noise control? *Noise Health*. 2003;5(18):39-41.
23. Gubernsky YD. Indicaciones metodológicas para la valoración conjunta de los parámetros del interior de los edificios de vivienda y sociales. Documento CAME, Moscú 1985:p.50.
24. Cuba. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Normas de Gestión Ambiental (Compendio N° 1): Ruidos en zonas habitables. Requisitos higiénico-sanitarios. Norma Cubana NC 26:1999;La Habana:p.148.
25. Cuba. Ministerio de la Construcción. Iluminación natural en edificaciones". Norma ramal NRMCM 005,1980;La Habana: p.44 .
26. Westinghouse. Manual de Alumbrado. Niveles de iluminación. 2 ed. La Habana. Editorial Pueblo y Educación;1973:p.5-6.

Recibido: 22 de septiembre de 2003. Aprobado: 29 de enero de 2004.

Dr. *Carlos Barceló Pérez*. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Calle Infanta No.1158, entre Llinás y Clavel, Ciudad de La Habana, Cuba.

[1 Dr. en Ciencias Naturales y en Ciencias Físicas. Profesor Titular, Investigador Titular.](#)

[2 Dr. en Medicina Veterinaria. Máster en Salud Ambiental.](#)

[3 Dr. en Medicina. Especialista de I Grado en Medicina General Integral. Máster en Salud Ambiental.](#)