

## LOS DESAFIOS DE CREAR INTERIORES SEGUROS

**Los riesgos de contraer COVID se disparan cuando las partículas virales se acumulan en los edificios, pero no está claro cuál es la mejor manera de mejorar la ventilación.**

Nature, por Dyani Lewis, 1 de abril, 2021.

---

Cuando Lidia Morawska se va de casa, se lleva consigo un dispositivo del tamaño de un zapato que proporciona algunos datos sobre los restaurantes y oficinas que visita. Fuera de estos edificios, el monitor de dióxido de carbono solo lee por encima de 400 partes por millón (p.p.m.). Pero en el interior es una historia diferente.

Incluso en un aparentemente espacioso restaurante de techos altos, el número a veces se dispara tan alto como 2.000 p.p.m., una señal de que la habitación tiene mala ventilación y podría suponer un riesgo de contagio de COVID-19. Las señales visuales pueden ser engañosas, incluso para Morawska, una científica de aerosoles de la Universidad Tecnológica de Queensland en Brisbane, Australia. "El público en general no tiene idea de esto", dice.

La situación no es diferente dentro de los cafés o jardines de infantes en gran parte del mundo, según los investigadores que han aplicado medidores de CO<sub>2</sub> portátiles similares. Y esas son malas noticias para las esperanzas de derrotar al SARS-CoV-2.

Durante meses, las autoridades sanitarias han señalado a los espacios interiores con poca ventilación como posibles puntos calientes de infección. Y el 1 de marzo la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó una hoja de ruta largamente esperada para mejorar la ventilación. El documento, con el que Morawska ha contribuido, establece objetivos específicos y medidas que las empresas y otros lugares pueden tomar, para mejorar la ventilación y hacer los edificios más seguros.<sup>1</sup>

Pero Philomena Bluysen, una ingeniera civil de la Universidad Tecnológica de Delft, en los Países Bajos, dice que se necesita hacer más. "Las pautas de la OMS", dice, "son lo mínimo."

Bluysen y otros son críticos con las fallas de los gobiernos, al no proporcionar una guía clara o dinero para que la gente haga los espacios interiores más seguros. Algunos científicos dicen que ha dejado grandes franjas de la población, desde escolares hasta trabajadores de oficina, asistentes a restaurantes y presos, en riesgo de contraer COVID-19.

Otros dicen que no hay una solución fácil, y que los regímenes precisos de ventilación o purificación del aire para hacer que los espacios interiores sean seguros, no se conocen.

"La complejidad no está a un nivel que se pueda resolver con un simple conjunto de consejos", dice Ehsan Mousavi, un ingeniero civil en la Universidad de Clemson, en Carolina del Sur, que estudia la calidad del aire interior y la ventilación de los hospitales.

Así y todo, muchos expertos dicen que se sabe lo suficiente como para que las autoridades transmitan un mensaje claro sobre lo importante que es una buena ventilación para la seguridad en interiores, especialmente en espacios que están continuamente ocupados, o donde las máscaras se retiran al comer.



Los niños trabajan con abrigos dentro de una escuela en Alemania que tiene ventanas abiertas para mejorar la ventilación.

## Reconocimiento lento

---

El 28 de marzo de 2020, dos meses después de que la OMS había declarado al COVID-19 una emergencia sanitaria mundial, la agencia emitió un mensaje de salud pública en Twitter y Facebook. "UN HECHO: # El COVID19 NO se transmite por el aire", decía, etiquetando al que afirmase lo contrario como una desinformación. Pero la evidencia estableció rápidamente que el virus es transmitido por aire, y los investigadores rotundamente criticaron a la agencia.

La OMS actualizó sus consejos sobre la transmisión del SARS-CoV-2 tres meses después, reconociendo la posibilidad de que la transmisión aérea pueda ocurrir en algunos entornos comunitarios.

La transmisión aérea en "espacios con hacinamiento e inadecuadamente ventilados durante un período prolongado de tiempo con personas infectadas, no se puede descartar", dice el consejo actualizado.

Yuguo Li, ingeniero de construcción en la Universidad de Hong Kong, dice que está decepcionado de que le llevara tanto tiempo, a la OMS y a las autoridades de salud, reconocer la transmisión aérea, "Habríamos salvado a mucha gente", dice.

Un portavoz de la OMS dice que la agencia mencionó la importancia de la ventilación temprano en la pandemia. Otros dicen que la posición de la OMS todavía no va lo

suficientemente lejos. "La transmisión aérea es dominante", dice el epidemiólogo ambiental Joseph Allen en la Escuela de Salud Pública T. H. Chan, de la Universidad de Harvard, en Boston, Massachusetts. Por eso los controles de la ventilación y de la filtración de aire de los edificios, tienen sentido, dice.

La OMS y otras autoridades sanitarias han fallado en priorizar claramente las medidas para mejorar la calidad del aire interior, para reducir la posibilidad de contraer COVID-19, dice José Luis Jiménez, un químico atmosférico en la Universidad de Colorado, en Boulder. "No enfatizan lo importante que es", dice. Lo que OMS necesita decir es "Es un hecho, se transmite por el aire", dice Jiménez, "lo inhalamos".

Un severo mensaje de la OMS aseguraría que las autoridades sanitarias nacionales tomen nota, dice Jiménez. Australia, Holanda y algunas otras naciones todavía no reconocen en sus declaraciones públicas que en la transmisión aérea tiene un papel importante en la propagación del virus SARS-CoV-2.

---

**"Si tomamos la mitad del esfuerzo que se está haciendo por la desinfección, y lo ponemos en la ventilación, eso sería enorme".**

---

A principios de este año, las preocupaciones sobre la ventilación habían alcanzado el punto de ebullición. Cientos de trabajadores de la salud, científicos, ingenieros y expertos en seguridad y salud ocupacional firmaron cartas abiertas pidiendo a los funcionarios de los gobiernos de Canadá, Estados Unidos, Australia, Colombia y Reino Unido, abordar, entre otras cosas, los problemas de la calidad del aire en los interiores. Todas estas campañas concertadas instaron a los gobiernos locales y nacionales a tomar medidas para reducir la transmisión aérea del SARS-CoV-2.

Uno de los problemas es que los gobiernos y las empresas siguen gastando millones de dólares en desinfección de superficies, dice Jiménez, a pesar de la evidencia de que es raro que el SARS-CoV-2 pase de una persona a otra a través de superficies contaminadas. Por el contrario, pocos países han invertido en medidas para mejorar la calidad del aire interior.

"Si tomamos la mitad del esfuerzo que se está haciendo por la desinfección, y lo ponemos en ventilación, eso sería enorme", dice Jiménez. En octubre del 2020, Alemania reservó 500 millones de euros (US \$ 593 millones) para mejorar la ventilación de los edificios públicos, incluidas escuelas, museos y oficinas públicas.

Las empresas en Alemania y Corea del Sur también pueden solicitar financiación gubernamental para comprar purificadores de aire móviles que eliminen los aerosoles cargados de virus. En los Estados Unidos, por el contrario, la financiación federal para mejorar la calidad del aire interior fue limitada a proveedores de salud, como hospitales, hasta el que Plan de Rescate Americano, que aporta fondos a las escuelas, se volvió ley el 11 de marzo.

---

## **Amenaza interior**

---

Lo que hace que los espacios interiores sean tan peligrosos es que el virus exhalado puede acumularse e infectar personas que no tienen contacto directo con una persona contagiada. Un buen ejemplo sucedió hace un año durante una fiesta del día de San Patricio en un bar en la ciudad de Ho Chi Minh, en Vietnam. Doce personas se infectaron en la fiesta, pero solo cuatro habían estado en contacto cercano con la persona infectada.<sup>2</sup> Brotes más recientes en

gimnasios en Chicago, Illinois, y Hawái también se han producido a pesar del distanciamiento de los asistentes<sup>3</sup> y los límites de capacidad en las clases de fitness.<sup>4</sup>

Desde que la OMS reconoció el último año que podría ocurrir la transmisión aérea, las agencias de salud pública han enfatizado los riesgos de los espacios con hacinamiento y mala ventilación. Pero la terminología es engañosa, dice Morawska. "Te imaginas un bar concurrido", dice. "En realidad, cualquier lugar puede llenarse de gente y estar mal ventilado. Y la gente no se da cuenta de esto."

---

**"En realidad, cualquier lugar puede llenarse de gente y estar mal ventilado. Y la gente no se da cuenta de esto "**

---

Su propia oficina de tamaño modesto, en la Universidad de Tecnología de Queensland, rápidamente se vuelve un lugar mal ventilado si alguien lo visita y la puerta está cerrada, dice ella. Y los restaurantes espaciosos, con poca gente, pueden parecer bien ventilados, cuando no lo son.

Es una de las razones por las que Jiménez y otros abogan por el uso de monitores de CO<sub>2</sub> económicos, como una medida aproximada de si la ventilación es adecuada o no. Al exhalar aerosoles el portador del virus, también lo hace con el CO<sub>2</sub>. Y cuando la ventilación es deficiente, el CO<sub>2</sub> se acumula junto con el virus, dice Jiménez. En un análisis no revisado<sup>5</sup>, Jiménez y su coautor Zhe Peng encontraron que el riesgo de infección por SARS-CoV-2 aumenta junto con las concentraciones de CO<sub>2</sub> en interiores.

Taiwán, Noruega y Portugal tienen leyes que limitan el CO<sub>2</sub> interior a 1000 p.p.m. Estudios en California<sup>6</sup> y Madrid<sup>7</sup> muestran que los niveles de CO<sub>2</sub> en las aulas de la escuela, superan con frecuencia este nivel. Los niveles altos se han relacionado con menos concentración mental y más días de enfermedad.<sup>6</sup>

Establecer límites claros de CO<sub>2</sub> ayudaría a garantizar que la ventilación sea adecuada para reducir el riesgo infección, dice Jiménez. Pero su trabajo sugiere que en general 700 p.p.m. sería un límite mejor, y los límites inferiores deben aplicarse a los gimnasios y otros lugares donde la gente expulsa mayores volúmenes de aire.

No todo el mundo está de acuerdo en que los monitores de CO<sub>2</sub> sean la solución. "No hay correlación entre el CO<sub>2</sub> y el virus", dice Christian Kähler, un físico que estudia la dinámica y la producción de aerosoles en la Universidad Federal de las Fuerzas Armadas en Munich, Alemania. Esto puede dar a la gente una falsa sensación de seguridad cuando los niveles de CO<sub>2</sub> son bajos, dice.

Jiménez argumenta que podría proporcionar una indicación rápida de si la ventilación es adecuada.

En agosto de 2020, la Federación de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado de Europa (REHVA) acordó recomendar la instalación de monitores de CO<sub>2</sub> en los edificios donde la ventilación pudiera ser inadecuada.

Y a fines del año pasado, los maestros en Montreal, Canadá, midieron en forma encubierta los niveles de CO<sub>2</sub> y llevaron sus hallazgos a los medios de comunicación.

El gobierno de Quebec ahora publica los niveles de CO<sub>2</sub> de las escuelas públicas en línea, con el objetivo de tener todos los niveles por debajo de 1000 p.p.m. Pero hasta ahora, este tipo de información pública es la excepción.



Philomena Bluysen (derecha) y sus colegas estudiaron el movimiento del aire y simularon partículas de virales.

### **Sin estándares establecidos**

---

Parte de la dificultad para fijar los objetivos la ventilación es que no está claro cuánta ventilación es necesaria para reducir las tasas de infección a un nivel aceptable. Los experimentos que directamente miden cómo cambian los riesgos de infección con diferentes tasas de ventilación, no serían éticos porque pondrían a la gente en peligro, dice Mousavi.

La dosis infecciosa precisa para el SARS-CoV-2 también es desconocida<sup>8</sup>. Pero los investigadores pueden inferir cuánto virus exhalado se necesita para causar una infección analizando los brotes de la enfermedad. Por ejemplo, Jiménez y sus colegas utilizaron detalles de un famoso ensayo de coro en Skagit Valley, en Washington, donde una persona probablemente infectó a 52 de los otros 60 asistentes, para estimar la cantidad de virus infeccioso exhalado<sup>8</sup>.

Jiménez utilizó este enfoque para lanzar una herramienta en línea (que no ha sido revisada por pares) en junio de 2020, para ayudar a las personas a evaluar el riesgo de infección en diferentes espacios interiores, con o sin máscaras. La herramienta calcula el riesgo en función del tamaño de la habitación, el número de personas presentes y lo que están haciendo; los virus se exhalan en diferentes proporciones dependiendo de si la gente está cantando, corriendo en una cinta de correr o sentados en silencio.

La OMS recomienda una tasa de ventilación mínima de 6-12 cambios de aire, en los que se reemplaza todo el volumen de aire en la habitación por hora, para prevenir la transmisión

aérea de patógenos en los establecimientos de salud, pero una menor tasa de cambios de aire para otros lugares. La Sociedad Estadounidense de Calefacción, Refrigeración e Ingenieros de Aire Acondicionado (ASHRAE) establece estándares mínimos de la calidad del aire para interiores. Los objetivos recomendados son tan bajos como 0.35 cambios de aire por hora para los hogares, 2-3 para oficinas, 5 a 6 para escuelas y 6 a 12 para hospitales.

Pero incluso esos estándares mínimos son raramente conocidos, dice Liangzhu (Leon) Wang, un ingeniero mecánico en la Universidad de Concordia, en Montreal. Y aunque los expertos dicen que se necesita más ventilación para reducir los riesgos de infección, no están de acuerdo sobre cuánto. Para las escuelas, Allen recomienda 4 a 6 cambios de aire por hora, que puede provenir de una combinación de ventiladores de aire exterior, filtración o purificadores de aire. Mientras tanto, Kähler recomienda al menos 6 cambios de aire por hora.

Wang y sus colegas han intentado estimar qué nivel de ventilación se requiere para reducir el riesgo de infección en las escuelas<sup>9</sup>. Ellos midieron la tasa de ventilación en las aulas de 3 escuelas en Montreal, y descubrieron que, en un aula de 20 alumnos y un profesor, con ventanas abiertas, se intercambiaba menos de la mitad de su aire por hora; una habitación similar con ventilación mecánica tenía dos cambios de aire por hora. Incluso eso no sería suficiente para reducir el número de reproducción a menos de 1, el nivel en que una pandemia comienza a reducirse. Este valor significaría que un estudiante infectado pasa el virus a menos de una persona en la habitación. El análisis de Wang, que aún no ha sido revisado pares, sugiere que se requerirían entre 3 y 8 cambios de aire por hora para obtener el número de reproducción por debajo de 1 en ese entorno.

Las tasas de ventilación estándar son inadecuadas, dice Wang. En otra preimpresión, él y sus colegas estimaron que duplicar la cantidad del aire exterior, reduce la posibilidad de infección hasta en un 35% en lugares densamente poblados, como restaurantes. Pero ese mismo cambio tiene mucho efecto menor: reduce el riesgo en tan solo un 0,1% en lugares más grandes con menos gente, como almacenes.<sup>10</sup> Su análisis también muestra que usar una máscara en interiores es aún más efectivo que cambiar el aire: las máscaras disminuyen el riesgo de infección en más del 60%, porque reducen el virus en su origen, dice Wang.

## Limpiando el aire

---

Abrir ventanas es el método más sencillo que las autoridades sanitarias sugieren mejorar la ventilación. Aunque es mejor que no hacer nada, una ventana abierta rara vez intercambia suficiente aire entre el ambiente interior y exterior, especialmente si no hay brisa cruzada, dice Kähler.

Abrir ventanas por solo unos minutos, entre clases, digamos, dejaría la mayoría de los virus intactos, según las mediciones de intercambio de aire de Kähler y sus colegas cuando asistieron a una sala de conferencias de la universidad<sup>11</sup>.

En un estudio de preimpresión, Kähler descubrió que dos ventanas que permitan una brisa cruzada, sería necesario que estén abiertas 2/3 del tiempo para igualar el rendimiento del sistema de calefacción, ventilación de aire acondicionado (HVAC) de la habitación. Y si el clima afuera es demasiado caliente o frío, la gente simplemente no seguiría ese consejo. "Protege a veces, pero no siempre", dice.

Un mejor método es ventilar mecánicamente un espacio. Esto atrae aire exterior libre de virus y elimina el aire interior contaminado, por lo tanto, diluye cualquier virus presente. En abril del 2020, las ASHRAE y REHVA recomendaron entornos con controles de HVAC para aspirar la mayor cantidad de aire exterior como sea posible, y para filtrar el aire recirculado.

Pero Kähler dice que pocos edificios, especialmente en climas más suaves como en Alemania, tienen sistemas lo suficientemente potentes para usar al 100% el aire exterior. La mayoría de los espacios de oficina y aulas en todo el mundo se abastecen con solo el 20% de aire exterior, con el resto recirculado, para ahorrar en el consumo de energía para la calefacción y enfriamiento.

El costo ambiental de una mayor ventilación debería hacer que la gente se detenga, dice Li. En muchos casos, reforzando los sistemas de ventilación ahora significará removerlos una vez que la amenaza de la pandemia amenaza desaparezca. Una mejor solución, él dice, es limitar el número y frenar los comportamientos de riesgo. "No grites, no cantes y no corras" él aconseja.

Otro inconveniente de poner en marcha la ventilación de un edificio es que las habitaciones pueden tener corrientes de aire y volverse ruidosas, dice Bluysen, "porque el sistema no fue diseñado para eso".

Los purificadores de aire móviles, que filtran virus y otros contaminantes en el aire, pueden ser fácilmente implementados como parte de la solución, dice Kähler, y serían más eficiente energéticamente que usar calentar o enfriar el exterior. Los filtros en los sistemas HVAC también podrían limpiar el aire que se recircula.

Bluysen y sus colegas probaron purificadores de aire equipado con filtros de aire particulado de alta eficiencia en un ambiente controlado. En algunos escenarios, los purificadores de aire superaron a los sistemas de ventilación para eliminar aerosoles simulados por pompas de jabón llenas de aire<sup>12</sup>. Pero incluso en el ajuste más bajo, los purificadores de aire excedieron el nivel aceptable de ruido y corrientes de aire recomendados por la Unión Europea y los Estándares holandeses.

Se requiere innovación para abordar las deficiencias de los sistemas actuales, dice Bluysen: "Nosotros realmente necesitamos buscar soluciones simples y asequibles". Una idea que está investigando es la ventilación personalizada: un asiento equipado con un sistema que aspira el aire exhalado y lo regresa filtrado y limpio, por ejemplo. "Existen todo tipo de posibilidades", dice.

Pero Mousavi dice que el mayor problema es que no se sabe lo suficiente sobre los sistemas que ya están en uso. "Necesitamos saber más sobre estas tecnologías, cómo funcionan", dice, para que las recomendaciones de la ASHRAE, la OMS u otra agencia, estén basadas en ciencia clara. "Es hora de que construyamos esa base", agrega.

A medida que se implementan las vacunas y el riesgo de la infección cae, la ventana de oportunidad para arreglar la mala calidad del aire interior está cerrándose, dice Morawska. "Esto no ha pasado todavía", dice. Pero el año que viene, "puede que sea demasiado tarde".

Los investigadores dicen que un mayor enfoque en la ventilación producirá beneficios durante la próxima pandemia, e incluso cuando no haya brotes de enfermedades. La calidad del aire interior "ha sido muy mala durante mucho tiempo", dice Bluysen. "Esto nos da la oportunidad de mejorar no solo la calidad del aire para situaciones de pandemia, sino también la calidad ambiental interior para el futuro."

## Referencias

---

1. World Health Organization. *Roadmap to Improve and Ensure Good Indoor Ventilation in the Context of COVID-19* (WHO, 2021); available at <https://go.nature.com/3rim9p>.
2. Chau, N. V. V. *et al. Emerg. Infect. Dis.* 27, 310–314 (2021).
3. Groves, L. M. *et al. Morb. Mortal. Wkly Rep.* 70, 316–320 (2021).
4. Lendacki, F. R., Teran, R. A., Gretsche, S., Fricchione, M. J. & Kerins, J. L. *Morb. Mortal. Wkly Rep.* 70, 321–325 (2021).
5. Peng, Z. & Jimenez, J. L. Preprint at medRxiv <https://doi.org/10.1101/2020.09.09.20191676> (2021).
6. Mendell, M. J. *et al. Indoor Air* 23, 515–528 (2013).
7. Health and Environment Alliance. *Madrid: Healthy Air, Healthier Children* (HEAL, 2019); available at <https://go.nature.com/3soxy3b>.
8. Miller, S. L. *et al. Indoor Air* 31, 314–323 (2021).
9. Hou, D., Katal, A. & Wang, L. Preprint at medRxiv <https://doi.org/10.1101/2021.01.29.21250791> (2021).
10. Katal, A., Albettar, M. & Wang, L. Preprint at medRxiv <https://doi.org/10.1101/2021.01.19.21250046> (2021).
11. Kähler, C. J., Fuchs, T. & Hain, R. Preprint at <https://doi.org/10.1101/2021.03.17.21253800> (2021).
12. Bluysen, P. M., Ortiz, M. & Zhang, D. *Build. Environ.* 188, 107475 (2021).