

Abril, 2021

## Actualización reporte breve de evidencia ¿Cuál es el impacto sanitario de la ventilación de espacios cerrados en la prevención de COVID-19?

*El Reporte Breve de Evidencia responde a preguntas específicas sobre experiencias de países en determinadas políticas o intervenciones, demoran entre 1 a 3 días al buscar revisiones sistemáticas de la literatura. Se escoge un número limitado de motores de búsqueda y se sintetiza narrativamente la evidencia encontrada.*

A raíz de la pandemia por COVID-19 y con la llegada de temperaturas ambientales más bajas en la región, el Gobierno de Chile ha considerado conveniente reforzar las recomendaciones de ventilación natural en espacios residenciales. Considerando que el principal mecanismo de transmisión del virus es a través de gotitas y que es posible que la transmisión también se produzca por aire (1–3), medidas tales como la apertura de puertas y ventanas han sido propuestas (4). A través de la ventilación e intercambio de aire, es decir, introducir aire limpio en un espacio al tiempo que se elimina el aire viciado, se podría disminuir el riesgo de propagación del virus, especialmente en espacios de alta densidad de ocupación y con ventilación deficiente (4). En este sentido, es de interés del Ministerio de Salud conocer el efecto que la ventilación de espacios cerrados, podría tener en la prevención de la transmisión de COVID-19.

### Mensajes claves - Conclusiones

- No se encontraron revisiones sistemáticas ni estudios primarios que evalúen específicamente el efecto o impacto de la ventilación natural en el riesgo de transmisión de SARS-CoV-2. Es por ello que se decidió resumir narrativamente la información publicada en revistas científicas sin evaluar su idoneidad metodológica o certeza de la evidencia.
- Es muy probable que las conclusiones de los artículos varíen en función de las características propias del espacio donde se aplicará y de los sistemas de ventilación utilizados.
- En base a las publicaciones sobre la ventilación natural en domicilios para disminuir la transmisión del SARS-CoV-2, se pueden indicar las siguientes recomendaciones
  - Permitir el intercambio de aire exterior limpio por el aire interior potencialmente contaminado, generando corrientes de aire al abrir puertas y ventanas varias veces al día.
  - En temporadas frías es aconsejable abrir las ventanas durante unos minutos varias veces al día, mientras que en temporadas cálidas es aconsejable mantenerlas abiertas.
- Respecto a sistemas mecanizados de ventilación y la transmisión del SARS-CoV-2, se destaca:
  - El uso correcto de sistemas mecanizados de climatización o ventilación, como aires acondicionados o ventiladores, podrían contribuir en la disminución de la carga viral de SARS-CoV-2 en el ambiente interior. Sin embargo, algunas revisiones sistemáticas reportaron que no se puede descartar que éstos puedan tener un rol en la propagación del virus, principalmente en contextos hospitalarios.

- Es recomendable mantener adecuados niveles de humedad y temperatura en los espacios interiores. Se debe favorecer la humedad y calor aceptable en relación con el ambiente exterior, tanto en verano como en invierno.
- El tipo de tecnología, tipo de filtro, flujo de aire que pasa a través del filtro y su dirección, ubicación del sistema, mantenimiento del dispositivo y posición relativa entre la persona infectada y el receptor, podrían ser factores claves en el nivel de eficiencia de los sistemas de ventilación mecanizados en la disminución de la propagación del virus.

## Resumen de Hallazgos

La búsqueda de evidencia de revisiones sistemáticas arrojó 8 artículos potencialmente relevantes. De ellas, sólo 4 abordan la pregunta de interés (1,2,5,6). Las otras cuatro se excluyeron por corresponder a síntesis amplias (7,8); por evaluar el riesgo de transmisión aérea de COVID-19, pero no en relación con la ventilación de los espacios cerrados (3); y por enfocarse exclusivamente en el transporte público (9).

Ninguna revisión sistemática evaluó el efecto de la ventilación comparada con la no ventilación en la transmisión de virus en el hogar. Todas las revisiones incluidas evaluaron el efecto de la ventilación en la transmisión de coronavirus en espacios cerrados tales como hospitales o centros de salud (1,2,6), restaurantes, oficinas, durante la estadía en el crucero Diamond Princess (6) o a niveles habitacionales, pero entre residencias: dentro de un condominio (6) o entre edificios cercanos (5).

Sólo una revisión evaluó el efecto de la ventilación natural de espacios en la transmisión de otras enfermedades virales (5) y todas las revisiones se refirieron a sistemas mecanizados (1,2,5,6).

En consideración a que no se encontraron revisiones sistemáticas que respondieran directamente la pregunta de ventilación natural en residencias habitacionales, se realizó una búsqueda rápida de estudios primarios.

Los resultados de la búsqueda de primarios arrojó 2.042 artículos, cuyos títulos y abstracts fueron revisados en duplicado. De éstos, se seleccionaron 66 publicaciones para revisión de texto completo, incluyendo finalmente 22 artículos en este reporte (10–31).

Las publicaciones incluidas efectúan recolección de datos, análisis de modelamiento, reflexiones, sugerencias o recomendaciones sobre la ventilación natural en domicilios.

Cinco estudios corresponden a modelamientos de distribución espacial del aire o de condiciones termodinámicas en ambientes interiores (15,21,24,26,32).

## METODOLOGÍA

### ¿Cómo se realizó la búsqueda de evidencia?

Se buscaron artículos que respondieran a la pregunta de investigación en las bases de datos [MEDLINE](#) y [Epistemonikos](#) utilizando términos asociados a “ventilation”, “airflow”, “households”, “indoor”, “COVID-19” y “SARS-CoV-2”.

### ¿Cómo se seleccionó la evidencia?

A través de dos revisores independientes y utilizando los siguientes criterios:

**Inclusión:** revisiones sistemáticas que tuvieran como objetivo medir el efecto de la ventilación de los espacios cerrados, ya sea natural o a través de sistemas de climatización, y estudios primarios que midan efecto o realicen recomendaciones sobre ventilación natural en domicilios, para prevenir la transmisión de coronavirus.

**Exclusión:** Estudios que evaluaron la transmisión de enfermedades infecciosas no virales, o la transmisión de virus en espacios abiertos o ambientes cerrados no residenciales.

### ¿Cómo se realizó la extracción de datos?

La extracción se realizó de manera individual.

Cinco incluyen revisiones no sistemáticas de literatura (10,16,22,23,31); tres corresponden a recomendaciones de consensos de expertos (14,17,28). El resto son estudios observacionales de cohorte retrospectiva, corte transversal, estudio de caso, artículos de reflexión y análisis publicados a modo de carta al editor o comentario (13,18–20,25,27,29,30).

Cabe señalar que para cumplir con la rigurosidad metodológica que merece una revisión sistemática de estudios primarios, y así minimizar los sesgos en la selección y reporte de resultados, se debieran diseñar estrategias de búsqueda en todas las bases bibliográficas pertinentes al tema, así como evaluar la calidad de los estudios, entre otros aspectos. Sin embargo, ello conlleva considerable tiempo y dedicación, por lo que ante la necesidad de una respuesta rápida, se tomaron atajos metodológicos indicados en el cuadro de metodología.

Los artículos incluidos en este reporte no permitieron extraer los datos para realizar un análisis cuantitativo, por lo tanto los resultados provenientes de los estudios incluidos se presentan a continuación de manera narrativa.

## **Resumen de hallazgos 1. Ventilación y riesgos de transmisión de SARS-CoV-2**

### Ventilación natural

- No se encontraron revisiones sistemáticas, revisiones no sistemáticas, ni estudios primarios que evalúen específicamente el impacto de la ventilación natural en el riesgo de transmisión de SARS-CoV-2.
- Las publicaciones incluidas efectúan las siguientes recomendaciones sobre ventilación natural en domicilios, ya sea en base a reflexiones o en función del análisis de datos:
  - Es necesario ventilar los espacios interiores, para reducir el riesgo de exposición y prevenir la infección por COVID-19. Se deben generar corrientes o intercambios de aire, permitiendo el ingreso de aire fresco desde el exterior y evitando la recirculación de aerosoles en el interior (16–19,23,28–30,32).
  - Abrir las ventanas es eficaz para la ventilación y es deseable abrirlas de par en par y durante más tiempo de lo usual (16–18,21,32).
  - En temporadas más frías es aconsejable abrir las ventanas durante unos minutos varias veces al día. En las temporadas cálidas se recomienda mantenerlas abiertas, o al menos entreabiertas, para asegurar un flujo de aire regular desde el exterior, según la exposición solar y la ausencia de posibles fuentes de ruido (14).

- Es necesario limitar el número de personas en una habitación o acortar el tiempo que permanecen adentro, para minimizar compartir el aire interior, asegurando tasas de ventilación suficientemente seguras por persona (16,17,23,26).
- Dentro de las medidas de protección esenciales en el día a día se encuentra ventilar las casas, además del lavado frecuente de manos, uso de mascarillas, desinfección y limpieza del hogar (13,15,22,28,30).

### Ventilación a través de sistemas mecanizados

- Las publicaciones incluidas efectúan las siguientes recomendaciones sobre sistemas mecanizados de ventilación o de climatización en domicilios:
  - El intercambio de aire entre el exterior e interior se puede potenciar con ventiladores ubicados cerca de las ventanas, evitando dirigir el flujo de aire hacia las personas (10,17).
  - Los aires acondicionados generales no funcionan como ventiladores, por lo que es necesario abrir ventanas y generar flujo o corrientes de aire(16).
  - Es necesario verificar el funcionamiento de los sistemas de extracción de aire y asegurar tasas de ventilación suficientes (16).
  - Es aconsejable que la humedad del aire se mantenga ligeramente más alta de lo habitual, lo que implica una mayor humidificación en invierno y una menor deshumidificación en verano. La humedad relativa no debe mantenerse por debajo del 30%, por razones de salud y seguridad, ni superior al 80%, para evitar la germinación de moho. Además, la temperatura interior en invierno debería mantenerse algunos grados más alta de lo habitual (15,19,24).
- Los sistemas de ventilación, tanto natural como mecanizados, tienen el potencial de reducir el riesgo de transmisión del virus cerca de la fuente de contagio, pero de aumentar el riesgo de transmisión más lejos de la fuente(10,25,31). Simulaciones de mecánica de fluidos han demostrado que las corrientes de aire pueden ser responsables de la dispersión de aerosoles y gotas grandes dentro de edificios, entre diferentes habitaciones e incluso entre diferentes pisos. Pero también se ha demostrado que los sistemas de ventilación pueden diluir la concentración de partículas virales en el aire y, por lo tanto, contribuir en la disminución de la transmisión (21,26,27,31,32).
- La dispersión de aerosoles depende de varios factores, entre ellos: la proximidad y duración de la exposición al virus, el tamaño de las partículas, el nivel de ocupación de la habitación, el grado de confinamiento, las tasas de ventilación de aire fresco a través de ventanas abiertas, los sistemas de extracción, aire

acondicionado y calefacción, y las diferencias de temperatura entre las habitaciones(10,21,26,31,32).

- Una revisión sistemática (2) que evaluó específicamente la transmisión aérea de SARS-CoV-2 en ambientes hospitalarios, reportó que en cinco estudios(33–37) (184 muestras) no se detectó la presencia de SARS-CoV-2 en el aire, mientras que en 6 estudios (38–42)(150 muestras) sí se detectó. La revisión indica que no detectar el virus en el aire podría atribuirse al uso de sistemas de ventilación, puesto que en 4 estudios donde hubo ventilación natural o mecanizada no se detectaron (33–35) o se detectaron muy pocas muestras positivas del virus en el aire (41). Sin embargo, la variabilidad de encontrar o no virus en el aire podría deberse a múltiples factores tales como los métodos y duración del muestreo, distancia del muestreo al paciente con SARS-COV-2, rendimiento de los sistemas de ventilación, uso de desinfectantes antes del muestreo de aire y la cantidad de partículas (PM2.5 y PM10) en el aire.
- Adicionalmente, 3 estudios (33,36,43) explicitaron la necesidad de mantener los espacios ventilados, ya sea a través de ventilación natural o de sistemas de aire acondicionado con ventilación con presión positiva (33) o negativa (36) para prevenir la transmisión del virus.
- Una revisión sistemática (1) reportó que un estudio (44) plantea que la replicación viral puede reducirse en ambientes con pacientes infectados al utilizar una filtración del aire (filtros HEPA) y que otros dos estudios reportan que a pesar de que puedan recolectarse muestras positivas en los ductos de ventilación de los hospitales, en las muestras de aire no se detecta el virus (45) o se observan cargas virales muy bajas en habitaciones de UCI con altos intercambios de aire producidos por ventilación con presión negativa (43).
- Una revisión sistemática (6) que evaluó el riesgo de que los sistemas de aire acondicionado contribuyeran a la propagación del coronavirus en espacios hospitalarios, residenciales y restaurantes, reportó que la información relacionada a COVID-19 es más escasa. En cuatro de los seis estudios sobre SARS-CoV-2 (46–49), la difusión de partículas virales a través de sistemas mecanizados se sospechó o se apoyó mediante simulación por computadora, mientras que en los otros dos estudios (50,51), se descartó esta posibilidad por las características espacio-temporales en la distribución de los casos.

## Resumen de hallazgos 2. Ventilación y riesgos de transmisión de SARS y MERS

### Ventilación natural

- Una revisión sistemática(5) que evaluó el rol de la ventilación en la transmisión aérea de infecciones, incluyó dos estudios sobre SARS realizados en China (52,53). Estos estudios, que realizaron un análisis epidemiológico y simulación de ventilación natural (flujo de aire y viento), indicaron que no se podía descartar que la concentración del virus identificada en 4 torres de un conjunto habitacional compuesto de 19 edificios pudiera deberse a las corrientes de aire y columnas de viento producidas entre los edificios. Sin embargo, la revisión plantea que aunque la evidencia epidemiológica de transmisión aérea es fuerte, las predicciones simuladas sobre tasa de ventilación y propagación del virus deberían ser corroboradas por mediciones experimentales.

### Ventilación a través de sistemas mecanizados

- Una revisión sistemática (5) que evaluó el rol de la ventilación en la transmisión aérea de infecciones, incluyó 4 estudios que analizaron el efecto de los patrones de flujo de aire sobre la transmisión del brote de SARS del año 2003 en hospitales en China y Vietnam. Un estudio (53) que evaluó el número de casos en dos hospitales de la región, reportó que no se produjo una infección secundaria en el hospital que recibió a 33 casos confirmados de SARS provenientes de otro hospital. Este segundo lugar contaba con habitaciones grandes y ventanas abiertas en contraste con habitaciones más pequeñas y unidades individuales de aire acondicionado que utilizaba el hospital anterior. Tres estudios (54–56) evaluaron el caso de un hospital en el que se produjeron 138 casos de contagio secundario a partir de un paciente índice admitido en una habitación con ductos de ventilación inoperantes.
- Una revisión sistemática (6) que evaluó el riesgo de que los sistemas de aire acondicionado contribuyeran a la propagación de coronavirus en espacios hospitalarios, residenciales y restaurantes, reportó que seis (52,52,54–57) de los siete estudios sobre SARS (52,52,54–58) sospechaban que el sistema de aire acondicionado había influido en la propagación de la infección y que por otra parte, en el único estudio disponible sobre MERS (59), se demostró la contaminación del aire acondicionado por partículas virales, al encontrar muestras positivas en el amortiguador de escape de aire.

### **Recomendaciones de la OMS y CDC**

A continuación se presentan algunas consideraciones para la ventilación domiciliar proveniente de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y de los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC), las cuales están alineadas con las recomendaciones o sugerencias encontradas en los artículos reportados.

En febrero de 2021, la OMS publicó una hoja de ruta para mejorar la ventilación en los espacios interiores (60). La hoja de ruta se divide en tres entornos: atención médica, espacios no residenciales y residenciales, y tiene en cuenta diferentes sistemas de ventilación (mecánicos o naturales). Está dirigida a administradores de establecimientos de salud, administradores de edificios, así como a aquellos miembros del público en general que brindan atención domiciliaria o cuarentena domiciliaria. La hoja de ruta de la OMS busca fortalecer el uso de la ventilación, como una medida de control ambiental y de ingeniería, para reducir el riesgo de transmisión de COVID-19 entre los miembros del hogar, siempre que una persona se encuentre bajo atención domiciliaria o cuarentena domiciliaria y debe considerarse como una parte complementaria de las ya existentes orientaciones para la prevención y el control de infecciones.

Los CDC, por su parte, recomiendan implementar una estrategia estratificada para reducir la exposición al SARS-CoV-2, el virus que causa el COVID-19. Esto incluye utilizar múltiples estrategias de mitigación con varias capas de medidas preventivas para reducir la propagación de la enfermedad y disminuir el riesgo de exposición. Además de la ventilación, el enfoque estratificado incluye estrategias que permitan mejorar la práctica del distanciamiento social, el uso de mascarillas y la higiene de manos.

En específico, para mejorar la ventilación en casa, recomienda (61):

- Permitir el ingreso de tanto aire fresco a su hogar como sea posible.
- Filtrar el aire de su casa.
- Encender los extractores de aire del baño y la cocina.
- Usar ventiladores cerca de las ventanas para mejorar la circulación del aire, pero evitando dirigir el aire hacia las personas.
- Limitar la cantidad de personas que visitan su casa y el tiempo que pasan en el interior.

Por otra parte, para mejorar la ventilación en edificios, recomienda (62):

- Aumentar la ventilación al exterior, con cautela en zonas de alta contaminación.
- Aumentar el ingreso de aire fresco del exterior abriendo ventanas y puertas.
- Usar ventiladores para potenciar la efectividad de las ventanas abiertas.
- Reducir la ocupación en las áreas en las que no se puede aumentar la ventilación exterior.
- Garantizar que los sistemas de ventilación funcionen correctamente y propicien una calidad de aire aceptable en el interior.
- Reducir o eliminar la recirculación de aire del sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado.
- Mejorar la filtración central del aire.
- Garantizar que los extractores de aire de los baños funcionen con capacidad total cuando el edificio está ocupado.
- Inspeccionar y mantener la ventilación con extractor en áreas como cocinas y zonas de preparación de comidas.

- Considerar el uso de sistemas portátiles de ventilación/filtración de partículas de alta eficiencia (HEPA) para ayudar a optimizar la purificación del aire, especialmente en áreas que puedan estar habitadas por personas con mayor riesgo de contraer COVID-19.

## Información Adicional

**Reporte elaborado por:** Unidad de Políticas de Salud Informadas por Evidencia (UPSIE), del Departamento de Evaluación de Tecnologías Sanitarias y Salud basada en Evidencia (ETESA-SBE).

**Revisión por:** Dino Sepúlveda Viveros, Jefe del Departamento de Evaluación de Tecnologías Sanitarias y Salud basada en Evidencia (ETESA-SBE).

**Declaración de Intenciones:** El objetivo de este reporte breve de evidencia es sintetizar y entregar rápidamente evidencia relacionada con COVID-19, que esté disponible a la fecha de la búsqueda. Sin hacer un juicio explícito sobre la calidad o aplicabilidad de la información o recomendaciones contenidas en ella.

**Declaración de conflictos de interés:** Las elaboradoras del presente informe declaran no tener conflictos de interés en los temas desarrollados en el informe.

## Referencias:

1. Rahimi NR, Fouladi-Fard R, Aali R, Shahryari A, Rezaali M, Ghafouri Y, et al. Bidirectional association between COVID-19 and the environment: A systematic review. *Environ Res.* marzo de 2021;194:110692.
2. Aghalari Z, Dahms H-U, Sosa-Hernandez JE, Oyervides-Muñoz MA, Parra-Saldívar R. Evaluation of SARS-CoV-2 transmission through indoor air in hospitals and prevention methods: A systematic review. *Environ Res.* abril de 2021;195:110841.
3. Noorimotlagh Z, Jaafarzadeh N, Martínez SS, Mirzaee SA. A systematic review of possible airborne transmission of the COVID-19 virus (SARS-CoV-2) in the indoor air environment. *Environ Res.* febrero de 2021;193:110612.
4. Preguntas y respuestas sobre la ventilación y el aire acondicionado y la COVID-19 [Internet]. [citado 17 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-ventilation-and-air-conditioning>
5. Li Y, Leung GM, Tang JW, Yang X, Chao CYH, Lin JZ, et al. Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment - a multidisciplinary systematic review. *Indoor Air.* febrero de 2007;17(1):2-18.
6. Chirico F, Sacco A, Bragazzi NL, Magnavita N. Can Air-Conditioning Systems Contribute to the Spread of SARS/MERS/COVID-19 Infection? Insights from a Rapid Review of the Literature. *Int J Environ Res Public Health.* 20 de agosto de 2020;17(17).
7. Mousavi ES, Kananizadeh N, Martinello RA, Sherman JD. COVID-19 Outbreak and Hospital Air Quality: A Systematic Review of Evidence on Air Filtration and Recirculation. *Environ Sci Technol* [Internet]. 26 de agosto de 2020 [citado 28 de abril de 2021]; Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7489049/>
8. Medical Advisory Secretariat. Air cleaning technologies: an evidence-based analysis. *Ont Health Technol Assess Ser.* 2005;5(17):1-52.
9. Zhen J, Chan C, Schoonees A, Apatu E, Thabane L, Young T. Transmission of respiratory viruses when using public ground transport: A rapid review to inform public health recommendations during the COVID-19 pandemic. *S Afr Med J.* 7 de mayo de 2020;110(6):478-83.
10. Jarvis MC. Aerosol Transmission of SARS-CoV-2: Physical Principles and Implications. *Front Public Health* [Internet]. 2020 [citado 28 de abril de 2021];8. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2020.590041/full>
11. Morawska L, Cao J. Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality. *Environ Int.* 1 de junio de 2020;139:105730.
12. Katal A, Albettar M, Wang L (Leon). City Reduced Probability of Infection (CityRPI) for Indoor Airborne Transmission of SARS-CoV-2 and Urban Building Energy Impacts. *medRxiv.* 20 de enero de 2021;2021.01.19.21250046.
13. Almeida IJS de, Lúcio P da S, Nascimento MF do, Coura AS, Almeida IJS de, Lúcio P da S, et al. Coronavirus pandemic in light of nursing theories. *Rev Bras Enferm* [Internet]. 2020 [citado 28 de abril de 2021];73. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0034-71672020001400409&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0034-71672020001400409&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
14. D'Alessandro D, Gola M, Appolloni L, Dettori M, Fara GM, Rebecchi A, et al. COVID-19 and Living space challenge. Well-being and Public Health recommendations for a healthy, safe, and sustainable housing. *Acta Bio-Medica Atenei Parm.* 20 de julio de 2020;91(9-S):61-75.
15. Bhagat RK, Wykes MSD, Dalziel SB, Linden PF. Effects of ventilation on the indoor spread of COVID-19. *J Fluid Mech* [Internet]. noviembre de 2020 [citado 28 de abril de 2021];903. Disponible en: [https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-fluid-mechanics/article/effects-of-ventilation-on-the-indoor-spread-of-covid19/CF272DAD7C27DC44F6A9393B0519CAE3?\\_\\_cf\\_chL\\_jschl\\_tk\\_\\_=9d93f3a6318d575d4cc456a25c274f8ec3f2fff9-1619639972-0-AW8lakfy5Pnd88GVbZeZDV6SsmVPssLRS6l0fSEtM\\_pZzVI5T12QmLPf3W5QTdgLv9pHpajyG2YyhAh5W3N7z7BYHAO5M6VMpcAgVf28oQzB1LqghwhzFiEfsk3ReMnkLugvbiRB6vL\\_79wnPzhY\\_8fXU9mGT2L9DQSyCS14L\\_3V83I44TndiAdxY1gtjozNioFnFtgS8osX3V VgLLGc3o0I1ZV-D\\_Wp4OXhdbAwLRCpXJXwl6zzn7BKq8xqVLEiStut7yttD\\_qapyvllH\\_kIHROvAzDvA6AMN3V\\_Vf42YwX3im1oguJLzqnRNoH9M\\_IDTXGXVUxgwBg2qGn5O6Vvdc0xNDO\\_AKIk6IcAVkRMvf6vWDRu\\_n81F56oC\\_AD6436K46le0I-zjLU8mHk9ibSBCWiv-KJ3dh-\\_zTpra\\_nvoZD9ZLeq81GehPuMnwsyzyGgo fezaGseikfVTcJ8nJldTzWZZZ6CH9qDVpAKmcZMNqMPe6jLSzlv\\_ydQjuK46q75fjNZtk4azVZVSFe5sukNdmJ](https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-fluid-mechanics/article/effects-of-ventilation-on-the-indoor-spread-of-covid19/CF272DAD7C27DC44F6A9393B0519CAE3?__cf_chL_jschl_tk__=9d93f3a6318d575d4cc456a25c274f8ec3f2fff9-1619639972-0-AW8lakfy5Pnd88GVbZeZDV6SsmVPssLRS6l0fSEtM_pZzVI5T12QmLPf3W5QTdgLv9pHpajyG2YyhAh5W3N7z7BYHAO5M6VMpcAgVf28oQzB1LqghwhzFiEfsk3ReMnkLugvbiRB6vL_79wnPzhY_8fXU9mGT2L9DQSyCS14L_3V83I44TndiAdxY1gtjozNioFnFtgS8osX3V VgLLGc3o0I1ZV-D_Wp4OXhdbAwLRCpXJXwl6zzn7BKq8xqVLEiStut7yttD_qapyvllH_kIHROvAzDvA6AMN3V_Vf42YwX3im1oguJLzqnRNoH9M_IDTXGXVUxgwBg2qGn5O6Vvdc0xNDO_AKIk6IcAVkRMvf6vWDRu_n81F56oC_AD6436K46le0I-zjLU8mHk9ibSBCWiv-KJ3dh-_zTpra_nvoZD9ZLeq81GehPuMnwsyzyGgo fezaGseikfVTcJ8nJldTzWZZZ6CH9qDVpAKmcZMNqMPe6jLSzlv_ydQjuK46q75fjNZtk4azVZVSFe5sukNdmJ)

- bUk4GIAfwSof6s1ja71NhJBGKU84r4u0NeJJOjVkyOGI7ecFyL2A5tbda-qdX79yYWIP4vsCOVf33f37qwts09Bq8BR5fC2Sgn7Q#
16. Azuma K, Yanagi U, Kagi N, Kim H, Ogata M, Hayashi M. Environmental factors involved in SARS-CoV-2 transmission: effect and role of indoor environmental quality in the strategy for COVID-19 infection control. *Environ Health Prev Med.* 3 de noviembre de 2020;25(1):66.
  17. Morawska L, Tang JW, Bahnfleth W, Bluysen PM, Boerstra A, Buonanno G, et al. How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? *Environ Int.* 1 de septiembre de 2020;142:105832.
  18. Amoatey P, Omidvarborna H, Baawain MS, Al-Mamun A. Impact of building ventilation systems and habitual indoor incense burning on SARS-CoV-2 virus transmissions in Middle Eastern countries. *Sci Total Environ.* 1 de septiembre de 2020;733:139356.
  19. Habeebullah TM, Abd El-Rahim IHA, Morsy EA. Impact of outdoor and indoor meteorological conditions on the COVID-19 transmission in the western region of Saudi Arabia. *J Environ Manage.* 15 de junio de 2021;288:112392.
  20. Abouleish MYZ. Indoor air quality and COVID-19. *Public Health.* febrero de 2021;191:1-2.
  21. Hussein T, Löndahl J, Thuresson S, Alsvéd M, Al-Hunaiti A, Saksela K, et al. Indoor Model Simulation for COVID-19 Transport and Exposure. *Int J Environ Res Public Health.* enero de 2021;18(6):2927.
  22. Wu D, Fang D, Wang R, Deng D, Liao S. Management of Pregnancy during the COVID-19 Pandemic. *Glob Chall.* 2021;5(2):2000052.
  23. Delikhon M, Guzman MI, Nabizadeh R, Norouzian Baghani A. Modes of Transmission of Severe Acute Respiratory Syndrome-Coronavirus-2 (SARS-CoV-2) and Factors Influencing on the Airborne Transmission: A Review. *Int J Environ Res Public Health.* enero de 2021;18(2):395.
  24. Spéna A, Palombi L, Corcione M, Carestia M, Spéna VA. On the Optimal Indoor Air Conditions for SARS-CoV-2 Inactivation. An Enthalpy-Based Approach. *Int J Environ Res Public Health.* 21 de agosto de 2020;17(17).
  25. Hwang SE, Chang JH, Oh B, Heo J. Possible aerosol transmission of COVID-19 associated with an outbreak in an apartment in Seoul, South Korea, 2020. *Int J Infect Dis.* 1 de marzo de 2021;104:73-6.
  26. Bond T, Bosco-Lauth A, Farmer D, Jeffrey R F, Kristen M F, Ham JM, et al. Quantifying Proximity, Confinement, and Interventions in Disease Outbreaks: A Decision Support Framework for Air-Transported Pathogens | *Environmental Science & Technology.* Environ Sci Technol. 19 de febrero de 2021;55:2890-8.
  27. Döhla M, Wilbring G, Schulte B, Mareike Kümmerer B. SARS-CoV-2 in environmental samples of quarantined households | medRxiv. <https://www.medrxiv.org/content/101101/2020052820114041v1> [Internet]. 2 de junio de 2020 [citado 28 de abril de 2021]; Disponible en: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.05.28.20114041v1>
  28. Honein MA. Summary of Guidance for Public Health Strategies to Address High Levels of Community Transmission of SARS-CoV-2 and Related Deaths, December 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* [Internet]. 2020 [citado 28 de abril de 2021];69. Disponible en: <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/69/wr/mm6949e2.htm>
  29. Raj AA, Velraj R, Haghghat F. The contribution of dry indoor built environment on the spread of Coronavirus: Data from various Indian states. *Sustain Cities Soc.* noviembre de 2020;62:102371.
  30. In 't Veen J, de Hond M, Boerstra A. [Viral transmission in COVID-19: the role of the aerosol]. *Ned Tijdschr Geneesk.* 8 de septiembre de 2020;164.
  31. Goodwin L, Hayward T, Krishan P, Nolan G, Nundy M, Ostrishko K, et al. Which factors influence the extent of indoor transmission of SARS-CoV-2? A rapid evidence review. *J Glob Health* [Internet]. [citado 28 de abril de 2021];11. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8021073/>
  32. Katal A, Albetar M, Wang L (Leon). City Reduced Probability of Infection (CityRPI) for Indoor Airborne Transmission of SARS-CoV-2 and Urban Building Energy Impacts. medRxiv. 20 de enero de 2021;2021.01.19.21250046.
  33. Masoumbeigi H, Ghanizadeh G, Yousefi Arfaei R, Heydari S, Goodarzi H, Dorostkar Sari R, et al. Investigation of hospital indoor air quality for the presence of SARS-Cov-2. *J Environ Health Sci Eng.* 30 de septiembre de 2020;1-5.
  34. Ong SWX, Tan YK, Chia PY, Lee TH, Ng OT, Wong MSY, et al. Air, Surface Environmental, and Personal Protective Equipment Contamination by Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) From a Symptomatic Patient. *JAMA.* 28 de abril de 2020;323(16):1610.
  35. Faridi S, Niazi S, Sadeghi K, Naddafi K, Yavarian J, Shamsipour M, et al. A field indoor air measurement of SARS-CoV-2 in the patient rooms of the largest hospital in Iran. *Sci Total Environ.* 10 de julio de 2020;725:138401.

36. Li YH, Fan YZ, Jiang L, Wang HB. Aerosol and environmental surface monitoring for SARS-CoV-2 RNA in a designated hospital for severe COVID-19 patients. *Epidemiol Infect* [Internet]. 14 de julio de 2020 [citado 28 de abril de 2021];148. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7371847/>
37. Cheng VCC, Wong S-C, Chen JHK, Yip CCY, Chuang VWM, Tsang OTY, et al. Escalating infection control response to the rapidly evolving epidemiology of the coronavirus disease 2019 (COVID-19) due to SARS-CoV-2 in Hong Kong. *Infect Control Hosp Epidemiol*. :1-6.
38. Chia PY, Coleman KK, Tan YK, Ong SWX, Gum M, Lau SK, et al. Detection of air and surface contamination by SARS-CoV-2 in hospital rooms of infected patients. *Nat Commun*. 29 de mayo de 2020;11(1):2800.
39. Ding Z, Qian H, Xu B, Huang Y, Miao T, Yen H-L, et al. Toilets dominate environmental detection of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 in a hospital. *Sci Total Environ*. 20 de enero de 2021;753:141710.
40. Guo Z-D, Wang Z-Y, Zhang S-F, Li X, Li L, Li C, et al. Aerosol and Surface Distribution of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 in Hospital Wards, Wuhan, China, 2020 - Volume 26, Number 7—July 2020 - *Emerging Infectious Diseases journal* - CDC. [citado 28 de abril de 2021]; Disponible en: [https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/7/20-0885\\_article](https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/7/20-0885_article)
41. Kenarkoohi A, Noorimotlagh Z, Falahi S, Amarloei A, Abbas Mirzaee S, Pakzad I, et al. Hospital indoor air quality monitoring for the detection of SARS-CoV-2 (COVID-19) virus. *Sci Total Environ* [Internet]. 2020 [citado 28 de abril de 2021]; Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32805566/>
42. Lednicky JA, Lauzardo M, Fan ZH, Jutla A, Tilly TB, Gangwar M, et al. Viable SARS-CoV-2 in the air of a hospital room with COVID-19 patients. *medRxiv* [Internet]. 4 de agosto de 2020 [citado 28 de abril de 2021]; Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7418726/>
43. Liu Y, Ning Z, Chen Y, Guo M, Liu Y, Gali NK, et al. Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals. *Nature*. junio de 2020;582(7813):557-60.
44. Blake E, Bar-Yam Y. Could Air Filtration Reduce COVID-19 Severity and Spread? [Internet]. New England Complex Systems Institute. 2020 [citado 28 de abril de 2021]. Disponible en: <https://necsi.edu/could-air-filtration-reduce-covid19-severity-and-spread>
45. Jiang Y, Wang H, Chen Y, He J, Chen L, Liu Y, et al. Clinical data on hospital environmental hygiene monitoring and medical staff protection during the coronavirus disease 2019 Outbreak. *MedRxiv*. 2020;
46. Qian H, Miao T, Liu L, Zheng X, Luo D, Li Y. Indoor transmission of SARS-CoV-2. *Indoor Air*. mayo de 2021;31(3):639-45.
47. Zhang S, Diao M, Yu W, Pei L, Lin Z, Chen D. Estimation of the reproductive number of novel coronavirus (COVID-19) and the probable outbreak size on the Diamond Princess cruise ship: A data-driven analysis. *Int J Infect Dis*. 1 de abril de 2020;93:201-4.
48. Lu J, Gu J, Li K, Xu C, Su W, Lai Z, et al. COVID-19 Outbreak Associated with Air Conditioning in Restaurant, Guangzhou, China, 2020 - Volume 26, Number 7—July 2020 - *Emerging Infectious Diseases journal* - CDC. [citado 28 de abril de 2021]; Disponible en: [https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/7/20-0764\\_article](https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/7/20-0764_article)
49. Li Y, Qian H, Hang J, Chen X, Hong L, Liang P, et al. Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant. *medRxiv*. 22 de abril de 2020;2020.04.16.20067728.
50. Mizumoto K, Chowell G. Transmission potential of the novel coronavirus (COVID-19) onboard the diamond Princess Cruises Ship, 2020. *Infect Dis Model*. 1 de enero de 2020;5:264-70.
51. Yu ITS, Li Y, Wong TW, Tam W, Chan AT, Lee JHW, et al. Evidence of Airborne Transmission of the Severe Acute Respiratory Syndrome Virus. *N Engl J Med*. 22 de abril de 2004;350(17):1731-9.
52. Li Y, Duan S, Yu ITS, Wong TW. Multi-zone modeling of probable SARS virus transmission by airflow between flats in Block E, Amoy Gardens. *Indoor Air*. abril de 2005;15(2):96-111.
53. Ha LD, Bloom SA, Hien NQ, Maloney SA, Mai LQ, Leitmeyer KC, et al. Lack of SARS Transmission among Public Hospital Workers, Vietnam. *Emerg Infect Dis*. febrero de 2004;10(2):265-8.
54. Yu ITS, Wong TW, Chiu YL, Lee N, Li Y. Temporal-spatial analysis of severe acute respiratory syndrome among hospital inpatients. *Clin Infect Dis Off Publ Infect Dis Soc Am*. 1 de mayo de 2005;40(9):1237-43.
55. Wong T, Lee C, Tam W, Lau JT, Yu T, Lui S, et al. Cluster of SARS among medical students exposed to single patient, Hong Kong. *Emerg Infect Dis*. febrero de 2004;10(2):269-76.
56. Li Y, Huang X, Yu ITS, Wong TW, Qian H. Role of air distribution in SARS transmission during the largest nosocomial outbreak in Hong Kong. *Indoor Air*. abril de 2005;15(2):83-95.
57. Chen C, Zhao B, Yang X, Li Y. Role of two-way airflow owing to temperature difference in severe acute respiratory syndrome transmission: revisiting the largest nosocomial severe acute respiratory syndrome outbreak in Hong Kong. *J R Soc Interface*. 6 de mayo de 2011;8(58):699-710.
58. Lee N, Hui D, Wu A, Chan P, Cameron P, Joynt GM, et al. A major outbreak of severe acute respiratory

- syndrome in Hong Kong. *N Engl J Med*. 15 de mayo de 2003;348(20):1986-94.
59. Kim S-H, Chang SY, Sung M, Park JH, Bin Kim H, Lee H, et al. Extensive Viable Middle East Respiratory Syndrome (MERS) Coronavirus Contamination in Air and Surrounding Environment in MERS Isolation Wards. *Clin Infect Dis Off Publ Infect Dis Soc Am*. 1 de agosto de 2016;63(3):363-9.
  60. Roadmap to improve and ensure good indoor ventilation in the context of COVID-19 [Internet]. [citado 17 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240021280>
  61. CDC. Mejorar la ventilación en su casa [Internet]. Centers for Disease Control and Prevention. 2021 [citado 17 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://espanol.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/Improving-Ventilation-Home.html>
  62. CDC. La comunidad, el trabajo y la escuela [Internet]. Centers for Disease Control and Prevention. 2020 [citado 17 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://espanol.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/ventilation.html>