

Escuelas Seguras en tiempos del COVID-19

Wernher Brevis
Sandra Cortés
Ignacia Duarte
Diego Fica
Francisco Forster
Soledad Martínez
Maisa Rojas
Paula Repetto
Roberto Rondanelli
Macarena Valdés

25 de Mayo de 2021

versión: 1.3 Fecha: 26 de Mayo de 2021

Escuelas Seguras en tiempos del COVID-19¹

Wernher Brevis^a, Sandra Cortés^{b,c}, Ignacia Duarte^d, Diego Fica^d, Francisco Förster^e Soledad Martínez^d, Maisa Rojas^{f,g}, Paula Repetto^h, Roberto Rondanelli^{f,g}, Macarena Valdés^{d,g}. *

*Autores ordenados alfabéticamente, la contribución al documento se ha realizado en partes iguales.

- a) Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- b) Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS)
- c) Departamento de Salud Pública, Escuela de Medicina, Advanced Center for Chronic Diseases (ACCDIS), Pontificia Universidad Católica de Chile.
- d) Escuela de Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad de Chile
- e) Centro de Modelamiento Matemático, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
- f) Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile
- g) Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, (CR)2
- h) Escuela de Psicología, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Contacto: Roberto Rondanelli (ronda@dgf.uchile.cl), Paula Repetto (prepetto@uc.cl)

Citación sugerida: Brevis W, Cortés S, Duarte I, Fica D, Förster F, Martínez S, Rojas M, Repetto P, Rondanelli R, Valdés M. Escuelas Seguras en tiempos del COVID-19. Santiago de Chile. Versión 1.3. Mayo, 2021.

¹ Los autores de este documento agradecen la colaboración del equipo de difusión del (CR)2, de Maritza Labraña, periodista especialista en comunicación de riesgos y brotes epidémicos y Paola Vidal de la Escuela de Salud Pública en la edición del texto y de Giselle Ogaz en el diseño de las infografías.

Escuelas Seguras en tiempos del COVID-19

Resumen Ejecutivo

La evidencia internacional sugiere que la principal vía de contagio de COVID-19 ocurre por el aire y a través de pequeñas partículas (aerosoles) que pueden flotar por horas y producir contagios, incluso cuando se está a más de dos metros de distancia de otras personas. Una gran cantidad de casos de super-propagación (en que una persona infectada es capaz de contagiar a muchas otras en ausencia de contacto físico) han sido descritos en la literatura, los que ocurren, usualmente en recintos cerrados, con poca o insuficiente ventilación y en presencia de muchas personas (coros, buses, salas de reuniones, etc.). Lo anterior permite prever que las escuelas podrían ser lugares particularmente vulnerables, sobretodo al no existir medidas de mitigación específicas a este modo de contagio como el correcto uso de mascarillas, ventilación, y posible filtración del aire. En este documento damos a conocer la actual evidencia científica sobre esta forma de contagio y proponemos recomendaciones complementarias a las entregadas por la autoridad con el objetivo de minimizar el riesgo de contagio en escuelas, optando principalmente **por actividades al aire libre, la ventilación continua, cruzada y distribuida, así como la medición de CO₂.**

1. Presentación y Objetivos

El presente documento está orientado a tomadores de decisiones y tiene como objetivo principal proveer de información científica actualizada respecto de la evidencia de contagio y la eficacia de las medidas de mitigación del contagio por SARS-COV-2. Se busca también mejorar las prácticas que permitan el desarrollo de actividades presenciales minimizando el riesgo cuando sea posible. Así, el presente documento **complementa la información y recomendaciones de la autoridad competente, sin pretender de ningún modo reemplazar la orientación del gobierno** ni la de las organizaciones de salud. De las secciones 2 a la 6, se presentan los fundamentos conceptuales y la evidencia científica que sustenta las recomendaciones que se presentan en la sección 7. La información contenida en el presente documento debe ser usada bajo la estricta responsabilidad de quien la recibe.

2. Comportamiento epidemiológico del COVID-19 en Chile

En diciembre de 2019 fue notificado el primer caso de COVID-19 en Wuhan, China, mientras que en Chile el primer caso se reportó en marzo de 2020. Desde entonces, se estiman en nuestro país cerca de 1.500.000 de casos acumulados (confirmados y probables)² y más de 34500 muertes acumuladas³.

La evolución de la pandemia en Chile según tasa de incidencia marcó un *peak* entre abril a mayo de 2020, concentrando los casos nuevos en grupos etarios mayores a 60 años. Durante mayo de 2021, se observa un aumento de casos nuevos ahora en edades más tempranas (10 a 19 años). Las mayores tasas de mortalidad ocurren en personas de 70 años o más, y cerca de un 3% por COVID-19 ha ocurrido en personas de 39 años o menos.

En cuanto a la cobertura de la vacunación, nuestro país destaca con una de las más altas del mundo⁴, sin embargo, mantiene altos indicadores de contagio. Por tanto, se hace necesario fortalecer las medidas de prevención, especialmente para minimizar el riesgo durante el posible retorno presencial a los lugares de trabajo y estudio.

² Informe Epidemiológico N°118. Enfermedad por SARS-CoV-2 (COVID-19). Chile 07-05-2021. Departamento de Epidemiología. https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2021/05/Informe-Epidemiolo%CC%81gico-118_.pdf

³ Informe semanal de defunciones por COVID19 N°47. <https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2021/05/Informe-Semanal-de-mayo-06-2021-1.pdf>

⁴ <https://ourworldindata.org/covid-vaccinations>

3. Importancia del COVID-19 en la infancia

En los niños la infección por SARS-CoV-2 se presenta generalmente como una infección respiratoria leve a moderada y baja tasa de hospitalización según el Ministerio de Salud (MINSAL). Al 7 de mayo de 2021 se han reportado 90.700 casos acumulados confirmados con PCR positivo en niños menores de 19 años y 93.974 en niñas menores de 19 años. Aunque el riesgo de los menores de 19 años es relativamente más bajo que el resto de la población, se han reportado casos graves y muertes infantiles por COVID-19.

De acuerdo a lo declarado por el Centro de Control y Prevención de Enfermedades de Estados Unidos (CDC-USA) para garantizar un reingreso a clases, no sólo se debe considerar el uso de las mascarillas higiénicas, el distanciamiento de a lo menos 2 metros, la higiene de manos y superficies, o la ventilación de espacios cerrados, **sino que también se debe considerar el nivel de transmisión comunitaria**, esto debido a que en aquellos lugares donde han ocurrido brotes escolares, la tasa de transmisión comunitaria también ha sido alta (Walsh et al. 2021). Esta recomendación también está respaldada por distintos estudios que sugieren reabrir los colegios solo cuando existan bajos índices de transmisión comunitaria (CDC 2021a). Por ejemplo, el Consejo Asesor COVID-19 del Gobierno de Chile, en su minuta del 23 de noviembre de 2020, recomienda que la asistencia presencial comience cuando las comunas entren a fase 4 y 5 del Plan Paso a Paso y de acuerdo con los indicadores que se detallan en dicho documento⁵.

Aun cuando se ha prevenido el contagio de los niños al cerrar escuelas y colegios, no debemos obviar los efectos colaterales en la salud mental e incluso en la expectativa de vida de una generación de niños que no ha podido interactuar de manera presencial con otros ni con el medio ambiente y que ha visto afectado su bienestar integral (Haleemunnissa et al. 2021). Es en este escenario que se propone discutir cuáles son las medidas de mitigación adecuadas que permiten el retorno presencial de los escolares, medida irremplazable en su aprendizaje y desarrollo.

Si bien la estrategia de vacunación que se ha implementado en Chile no consideraba al grupo de niños como población objetivo, recientemente se anunció que la Pontificia Universidad Católica de Chile comenzará en julio de este año un ensayo clínico que incluirá a la población infantil. Sus resultados, proyectados para el año 2022, representarán una oportunidad para avanzar en la estrategia de inmunización de la población más joven y

⁵Reingreso de estudiantes a establecimientos educacionales en presencia de transmisión comunitaria de SARS-CoV-2. Consejo asesor COVID-19, Ministerio de Salud Chile, 23 noviembre 2020

junto con ello a los niños en etapa escolar. Sin embargo, hasta la fecha del presente documento la mayor parte de la población en edad escolar permanece susceptible a la infección por SARS-CoV-2, y por lo tanto las medidas de mitigación son críticas para permitir el funcionamiento de las escuelas en condiciones de circulación comunitaria del virus.

4. Mecanismos de transmisión del SARS-CoV-2: valorando riesgos en el entorno escolar

Desde los inicios de la pandemia en 2020, diversas instituciones e investigadores se han dedicado a dilucidar los mecanismos de transmisión de SARS-CoV-2 y ha surgido evidencia abrumadora que indica que la principal vía de contagio es a través de aerosoles que se mantienen en el aire (Zhang et al. 2020; Morawska and Cao 2020; Prather, Wang, and Schooley 2020; Greenhalgh et al. 2021). Los aerosoles son pequeñas partículas de fluidos corporales de tamaños menores a los 100 micrones (similar al grosor de un cabello humano), las que son naturalmente emitidas por ejemplo al respirar, hablar o cantar (Asadi et al. 2019). Los aerosoles exhalados por una persona contagiada contienen copias del virus que pueden infectar a otras personas al ser inhaladas. Evaluar directamente la carga viral o la concentración de aerosol contagioso suspendido en el aire es muy difícil pues son invisibles y los instrumentos que lo miden no son de fácil acceso público. Así, los aerosoles pueden permanecer flotando por horas, acumulándose en el aire y manteniendo su capacidad de infectar.

La cantidad de partículas de aerosol emitidas depende de la actividad que se realice, entre ellas, estornudar, cantar, toser, hablar fuerte o ejercitarse: todas tienen distintos niveles de emisión y que determinan **distintos riesgos para la transmisión de SARS-CoV-2**. La producción de aerosoles al hablar es significativamente mayor que al respirar (Asadi et al. 2019) y aumenta al incrementar el volumen de la voz. Al hablar se liberan unas 50 veces más aerosoles que al respirar y al cantar se liberan unas seis veces más que al hablar (Prentiss, Chu, and Berggren 2020). Con respecto a la distancia, al toser, ejercitarse y hablar fuerte, los aerosoles recorren más fácilmente distancias mayores a los dos metros, lo que es típicamente usado como referencia de distanciamiento físico (Jones et al. 2020). La Figura 1 sintetiza el nivel de riesgo de acuerdo con el tipo de actividad que se realiza, y las respectivas medidas de mitigación que se toman como función de si existe alta o baja aglomeración de personas. Definimos como una alta aglomeración cuando la cantidad de personas es tal que apenas permite respetar una separación física de 2 metros.

Escuelas Seguras en tiempos del COVID-19

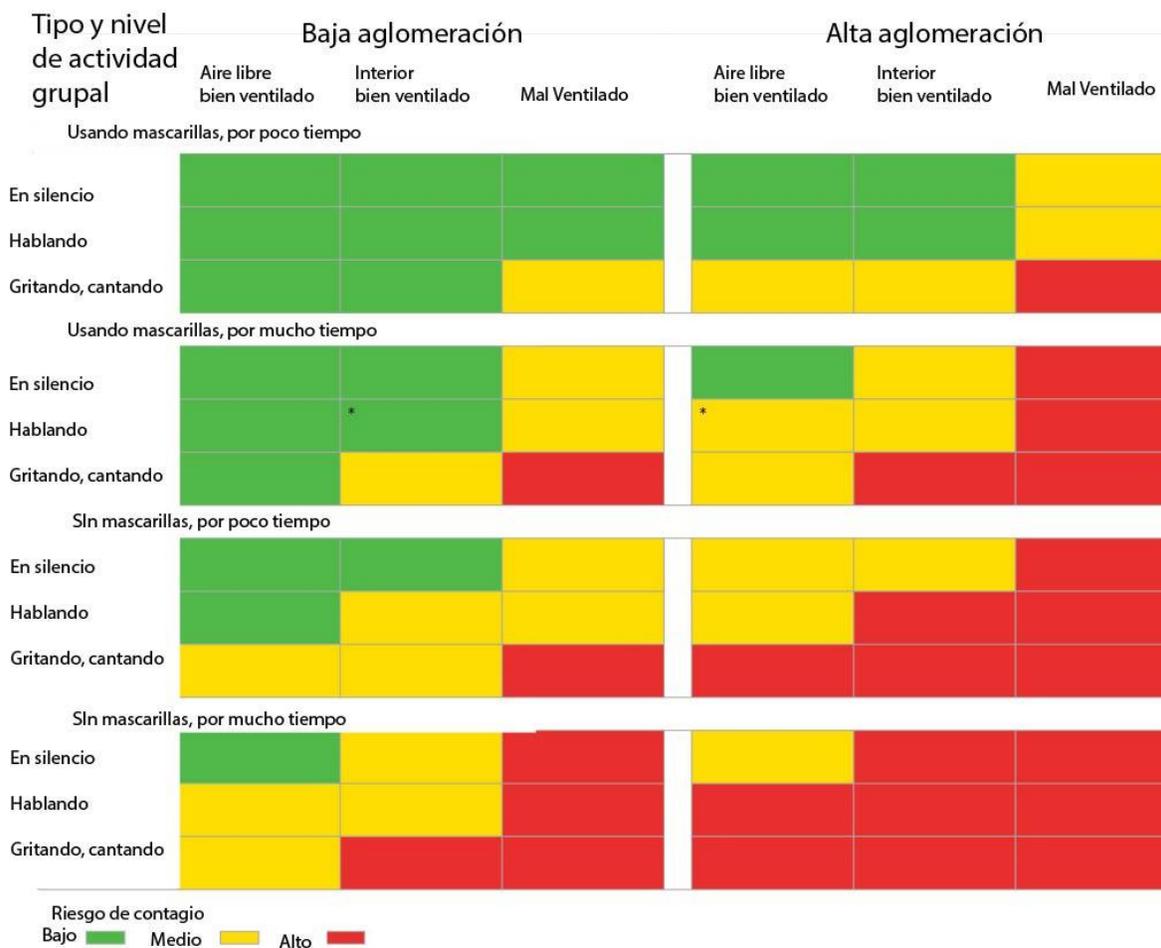


Figura 1. Adaptada de (Jones et al. 2020)). Los colores verde, amarillo y rojo representan valores bajo, medio y alto del riesgo de contagio, respectivamente, en cada escenario de exposición.

Las vías alternativas de contagio como propagación por gotas balísticas (gotitas de saliva de mayor tamaño que salen impulsadas desde la boca) o el contacto por superficies no explican por sí solas la dinámica de los contagios reportados, en especial los eventos de super-propagación en los que una persona contagiada es capaz de infectar a muchas más, sin necesidad de estar en contacto estrecho con otros. Estos eventos de super-propagación se han concentrado principalmente en espacios interiores con poca ventilación y con aglomeración de personas (Lewis 2021) como por ejemplo en coros (Miller et al. 2021), funerales, reuniones familiares, gimnasios o buses (Lewis 2021). Evidencia adicional respecto de la transmisión por aerosoles indica que el riesgo de contagio al aire libre es 20 veces menor que el riesgo en espacios interiores (Bulfone et al. 2021). **Dadas las condiciones naturales de las escuelas, con gran cantidad de estudiantes por sala, uso de espacios comunes, y distintos niveles de ventilación, los colegios son potencialmente una importante fuente de contagio y de eventos de super-propagación**, tal como se ha mostrado en distintos lugares del mundo. Esto fue observado en Chile al inicio de la

pandemia (Torres et al. 2020) y en otros países como Israel, donde durante una ola de calor se relajaron las restricciones de ventilación y el uso de mascarillas (Stein-Zamir et al. 2020). En todos los casos, se reporta que, sin las apropiadas medidas de mitigación, las escuelas presentan un riesgo de contagio considerable (Gurdasani et al. 2021). En cambio, la evidencia internacional muestra que, si las medidas de mitigación son las apropiadas y el nivel de contagio en la comunidad es bajo, la reapertura de las escuelas no representaría necesariamente un aumento de la transmisión comunitaria (Walsh et al. 2021).

Dada la importancia de la vía de propagación del virus SARS-CoV-2 por el aire, a diferencia del contacto estrecho y de la transmisión por fomites⁶, es crítico que las medidas de mitigación se enfoquen en proteger a las comunidades educativas de la infección por aerosoles. La concentración de estas partículas es mayor cuanto más cerca uno se encuentra de otra persona, y se reduce al tomar distancia. Sin embargo, dado que los aerosoles pueden flotar y concentrarse en recintos cerrados, la distancia física no es suficiente para evitar la infección. En por esto que en interiores son necesarias otras medidas de mitigación, como **la ventilación** que diluye la concentración de aerosoles potencialmente infecciosos y que permite cambiar el aire al interior de las salas; **el uso de mascarillas**, que filtran las partículas al ser emitidas y filtran el aire al respirar a través de ellas; y el **uso de filtros** (de ser posible) que procesan el aire y remueven las partículas en suspensión. Todas estas son medidas que se deben sumar al uso de aforos y a la reducción del tiempo de exposición en espacios cerrados.

5. Uso de la medición de CO₂ como indicador de la correcta ventilación de un espacio interior

En general la medición de dióxido de carbono (CO₂) se recomienda como una medida simple de la calidad del aire en un espacio cerrado. Al exhalar aire, además de emitir aerosoles, se emite una gran concentración de CO₂. Por ejemplo, en el aire fresco hay aproximadamente 410 moléculas de CO₂ por millón de moléculas de aire (410 ppm), mientras que en aire recién exhalado hay aproximadamente entre 35000 y 50000 ppm (Bazant et al. 2021). Dado que la concentración exterior de CO₂ es estable, y en ausencia de dispositivos a combustión como cocinas, calefactores a gas, entre otros, la acumulación de CO₂ en recintos cerrados está casi completamente explicada por la presencia de las personas (Peng and Jimenez, n.d.). Dicho esto, es necesario mencionar que, en tiempos normales sin pandemia, la

⁶ Un **fómite** es cualquier sustancia que, si se contamina con algún patógeno es capaz de transferirlo de un individuo a otro.

Escuelas Seguras en tiempos del COVID-19

Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que el aire permanezca por debajo de los 1000 ppm en ambientes interiores.

Los monitores de CO₂ son herramientas simples y de bajo costo, que permiten cuantificar si los niveles de ventilación en recintos cerrados son adecuados. Debido al efecto de la ventilación en la prevención de contagios, los monitores de CO₂ permiten establecer niveles de referencias para minimizar el riesgo de contagio. Esto debido a la clara asociación entre la exhalación de aerosoles potencialmente infecciosos, y la emisión de CO₂. La dispersión de ambos, aerosol y CO₂ ocurre simultáneamente debido al movimiento del aire (Schade et al. 2021). Por tanto, una disminución de las partículas de aerosol en suspensión puede ser medida indirectamente por medio de un descenso del nivel de CO₂.

Medir los niveles de CO₂ permite tomar decisiones como el ajuste de sistemas de ventilación mecánicos, mejorar la ventilación natural por medio de la apertura de más ventanas o puertas, introducir el uso de ventiladores para mejorar las tasas de ventilación, definir tiempos máximos de uso de espacios cerrados para un cierto número de personas, o ayudar a decidir el aforo necesario para mantener la calidad del aire en un rango seguro para las personas que están al interior.

Existen en el mercado diversos tipos de monitores. Los monitores recomendados de manera preventiva deben tener tecnología NDIR (Non-Dispersive Infra Red), la que provee niveles de confiabilidad, típicamente resoluciones de aproximadamente 50 ppm + 3% de la lectura realizada.

La concentración de CO₂ en un recinto cerrado se puede usar como un indicador del porcentaje del aire que ha sido previamente respirado por las demás personas. Por ejemplo, 700 ppm indica que un 0.71% del aire respirado ha sido inhalado por otros, en cambio una baja concentración (alrededor de 400 ppm) indica que se está en presencia de aire fresco.

Recomendaciones internacionales⁷ indican que el riesgo de contagio se minimiza al compartir aire en recintos donde la concentración de CO₂ no exceda los 700 ppm (o unos 300 ppm por encima del nivel base). Concentraciones en el rango de 700-800 indican que se deben realizar acciones de ventilación o disminución del número de personas dentro de los recintos. Sobre 800 ppm se recomienda que el recinto debe desocuparse. Sin embargo, **no es posible definir un umbral único de concentración de CO₂ que funcione en todos los**

⁷ FAQs on Protecting Yourself from COVID-19 Aerosol Transmission

https://docs.google.com/document/d/1fB5pysccOHvxphpTmCG_TGdytavMmc1cUumn8m0pwzo/edit#heading=h.guml01vbysm4

Escuelas Seguras en tiempos del COVID-19

casos. Actividades con alta emisión de aerosoles requieren umbrales de concentración más estrictos (ej. deporte, canto o gritos, actividades que de todas formas no se aconseja realizar en recintos cerrados durante la pandemia). Estos umbrales normalmente se consideran menores a 500-550 ppm (o 100 ppm por sobre la concentración base). Medidas adicionales de mitigación, por ejemplo, el uso estricto de mascarillas en todo momento y la filtración de partículas permite operar con valores más altos de concentración de CO₂ para un determinado nivel de riesgo (Bazant et al. 2021).

La Figura 2 muestra la relación entre el exceso de CO₂ (diferencia entre el interior y el aire libre) y el tiempo de exposición seguro para un tipo de riesgo. Se observa que, para un determinado exceso, el tiempo seguro dependerá de las medidas de mitigación que se tomen (mascarillas y filtros en este caso) y también del nivel de contagio comunitario. En el ejemplo de la figura, para un nivel de riesgo del 10% considerado aceptable para niños en edad escolar, el tiempo de exposición seguro en una sala de clases con 25 estudiantes sin mascarilla y para un exceso de CO₂ de 200 ppm por sobre los 400 ppm (es decir, una concentración aproximada de unos 600 ppm), es de apenas una hora. El tiempo seguro de exposición sube a 10 horas si los estudiantes están usando mascarillas de tela (que dejan pasar un 30% de las partículas). El agregar un filtro de partículas aumenta el tiempo seguro de exposición a 50 horas. Las condiciones de contagio comunitario también hacen cambiar de manera dramática el tiempo que es considerado seguro bajo las medidas de mitigación, así si la cantidad de contagios activos es de 10 por cada 100000 personas susceptibles (similar a una tasa de incidencia de 10/100000), considerado una incidencia relativamente baja, el tiempo de exposición seguro para ese nivel de exceso de CO₂ pasa a 400 horas sin mascarilla, y a 4000 horas con mascarilla. Cabe hacer notar que, si uno quisiera mantener a los estudiantes sin contagios en la sala de clases, lo ideal es que el tiempo de exposición seguro sea mayor a la cantidad de días que toma en recuperarse una persona que cursa la infección de manera asintomática (es decir, varios cientos de horas), esto porque suponemos que los mismos niños estarán en contacto en la sala de clases durante varios días seguidos. Cálculos precisos para cada sala de clase y número de niños, variando los niveles de ventilación y la tasa comunitaria de contagio etc. pueden realizarse directamente desde una planilla de cálculo disponible en el sitio⁸ de los autores.

⁸ [https://cheme.mit.edu/wp-content/uploads/2021/04/COVID-19 Indoor Safety Guideline PNAS with CO₂ final.xlsx](https://cheme.mit.edu/wp-content/uploads/2021/04/COVID-19%20Indoor%20Safety%20Guideline%20PNAS%20with%20CO2%20final.xlsx)

Escuelas Seguras en tiempos del COVID-19

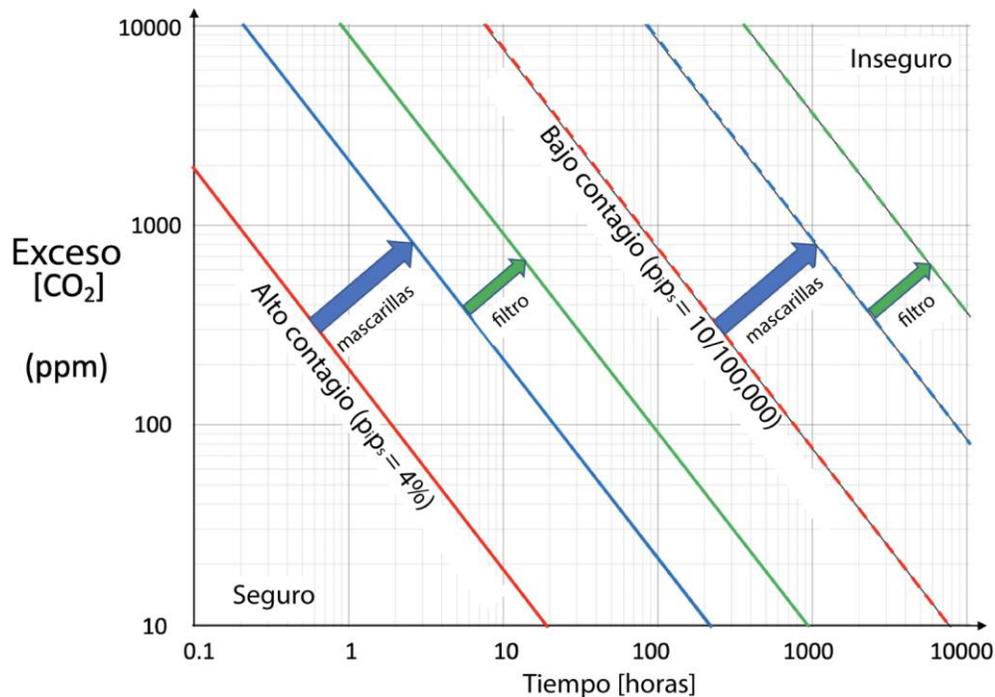


Figura 2 Muestra el exceso de CO₂ (es decir la diferencia de concentración del interior respecto del aire exterior) versus el tiempo de exposición seguro en horas. Las líneas inclinadas muestran la relación entre estas variables para distintas situaciones: Sin mascarilla y alto contagio (línea roja), con mascarilla y alto contagio (línea azul), con mascarilla y filtro en condiciones de alto contagio (línea verde) y para una situación de bajo contagio con líneas punteadas. El escenario simulado en la figura corresponde a una clase con 25 estudiantes y con un riesgo del contagio de 10% (ver Bazant et al, 2021 para mayor detalle sobre los parámetros usados). Fuente: Adaptada de (Bazant et al. 2021).

Si el recinto cuenta con un sistema de filtrado de aire (del tipo HEPA MERV 13 o superior) y que recircule al menos 6 ACH (Cambios de Aire por Hora, por sus siglas en inglés), entonces el nivel máximo de CO₂ permitido se puede considerar como 1000 ppm (recomendación de buena calidad del aire en condiciones sin pandemia por la *American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)*). Si existen otras fuentes de CO₂, como por ejemplo dispositivos a combustión, entonces al nivel base (sin personas) se le debe sumar unos 300 ppm, siempre y cuando esta suma no exceda los 1000 ppm. De ser posible se deben seleccionar monitores de CO₂ que permitan avisar a los ocupantes, por medio de una señal sonora o visual, cuando se ha sobrepasado el umbral máximo recomendado.

Escuelas Seguras en tiempos del COVID-19

El cálculo de los aforos de un recinto debe considerar la tasa de ventilación (es decir, la cantidad de metros cúbicos de aire que se entran y salen de un espacio por unidad de tiempo) y no sólo la superficie de los recintos. Esta tasa de ventilación se puede estimar usando algunos métodos sencillos que requieren de un medidor de CO₂ y hielo seco (incluso se puede realizar simplemente respirando al interior sin ventilación o usando extintores de CO₂). La idea detrás de estos métodos es alcanzar una determinada concentración relativamente alta (típicamente 2000 ppm) y luego observar el comportamiento de la curva de descenso mientras el espacio se encuentra sin ocupantes y con las medidas de ventilación en práctica (detalles de cómo hacer estos cálculos se encuentran descritos en <https://schools.forhealth.org/ventilation-guide/>)

El uso de monitores de CO₂ en colegios permitirá asegurar que existan las condiciones óptimas de aprendizaje, sumando una ventaja no menor a su uso, ya que se ha demostrado que altos niveles de CO₂ están asociados a dificultades de aprendizaje y ausentismo escolar (Coley, Greeves, and Saxby 2007; Bakó-Biró et al. 2012; Fisk 2017).

Cabe señalar que los medidores de CO₂ no solo servirían para la actual pandemia muchas enfermedades infecto-contagiosas respiratorias, tales como el sarampión o la tuberculosis pueden ser controladas por medio de adecuados niveles de ventilación en recintos cerrados (Morawska et al. 2021), esto implica que estos dispositivos pueden ayudar a controlar la propagación de otras enfermedades, nuevas pandemias o aquellas enfermedades respiratorias que normalmente causan congestión en los servicios de salud del país. Es esperable que la introducción de monitores, y en general la buena calidad del aire en interiores, permita ahorrar costos en salud al estado, ya que estimulará la adopción de ambientes bien ventilados en espacios donde se comparte el aire.

6. Beneficios y riesgos en el entorno escolar

Existe evidencia que muestra que la respuesta ante el cierre y reapertura de colegios en la transmisión del SARS-CoV-2 es mixta (Walsh et al. 2021). Por una parte, algunos autores muestran ausencia de evidencia contundente de contagios en colegios y por otro lado se destacan los altos costos en salud mental y deterioro del aprendizaje, aislamiento social y alejamiento de posibles redes de apoyo, sobre todo en niños de menos recursos (Viner et al. 2021). También se reporta que los niveles de contagio en provincias y distritos con altos niveles de circulación comunitaria aumentaron los contagios en la población general cuando se reabrieron las escuelas (Massad et al. 2021; Tosi and Campi 2021) o ciudades que cerraron sus escuelas más tarde mostraron mayores índices de mortalidad por COVID-19 (Rauscher and Burns 2021). Esto coincide con modelos teóricos que muestran que el contagio en condiciones de alta incidencia comunitaria es más probable, especialmente en ausencia de medidas de mitigación (Bazant et al. 2021). De acuerdo a (Walsh et al. 2021)

la evidencia de bajo contagio en las escuelas ocurre justamente en lugares en donde la apertura o reapertura ocurre cuando se tienen todas las medidas de mitigación y en condiciones de baja transmisión comunitaria del virus.

Un factor importante en la transmisibilidad de la infección asociado a las escuelas es el desplazamiento de escolares y profesores hacia y desde los establecimientos, que puede comprometer distancias y tiempos considerables en medios de transporte (ocasionalmente requiere traslados entre comunas y ciudades). El traslado masivo de adultos y niños a las escuelas a las mismas horas de ingreso y salida al trabajo de la población aporta al hacinamiento en los medios de transporte público, siendo necesario estimar su efecto en la transmisión viral.

7. Recomendaciones específicas

En base a lo ya comentado y tomando en cuenta la importancia de evitar el contagio a través del aire, dado que esta es la principal vía de transmisión, es que se proponen recomendaciones específicas complementarias a las promovidas por el Ministerio de Educación en su documento “Abrir las Escuelas paso a paso, orientaciones para establecimientos educacionales en Fase 3 y 4”⁹. Estas recomendaciones podrán ser aplicadas según la realidad local de cada escuela y es necesario que el Estado apoye a las comunidades escolares de menores recursos para cumplir con los estándares definidos por las mismas comunidades.

Acciones para niños, niñas y adolescentes

- Usar mascarilla, de preferencia desechable de tres pliegues, y usarla apropiadamente, en todo momento y nunca prestarse o intercambiarse. Esto significa, usarla bien ajustada, sin que quede espacio entre la mascarilla y la piel de la cara y cubriendo completamente boca y nariz.
- Mantener una distancia de 2 metros con personas con las que no convives, especialmente en lugares cerrados. Esto es importante para no compartir el aire directamente exhalado por otras personas.
- Es preciso no permanecer en ambientes con mala ventilación. Ayuda a tus profesores a mantener el aire fresco dentro de la sala y que la ventilación ocurra de manera continua.

⁹ <https://sigamosaprendiendo.mineduc.cl/wp-content/uploads/2020/09/AbrirLasEscuelas-OrientacionesAnexos-09.09.pdf>

Escuelas Seguras en tiempos del COVID-19

- Recuerda que al gritar, cantar o conversar en voz alta en lugares cerrados hay más chance de que aumente el número de aerosoles con partículas del virus.
- Las comidas son ocasiones en que aumenta el riesgo de contagio pues es necesario sacarse la mascarilla. Las colaciones y almuerzos deben ocurrir de preferencia al aire libre, con distancia física y evitando conversar o reírse sin mascarilla.
- Es apropiado usar tu vestimenta acorde con la estación del año y con el pronóstico del tiempo, considerando que ventanas y puertas deben permanecer abiertas durante la jornada escolar. Para condiciones frías, se recomienda vestirse en capas, con ropa abrigada y liviana.
- Hay que abrigarse bien, mantener los pies secos, y usar un gorro o protector de orejas durante los meses de invierno. Es muy útil usar varias capas de ropa y eventualmente usar una manta para mantener el cuerpo abrigado.

Acciones para cuidadoras y cuidadores

- Familiarizarse con las medidas de ventilación del colegio y planificar la vestimenta de acuerdo a las condiciones del tiempo, considerando la temperatura exterior.
- Pedir a los niños y niñas que se quiten correctamente la mascarilla. Si es desechable, botarla de inmediato en un recipiente preestablecido o bien guardarla en una bolsa de uso personal para su traslado a casa. Si es de tela depositarla en el cesto de la ropa sucia y lavar. Comprar de preferencia mascarillas quirúrgicas, KN95 o N95. Explicar el correcto ajuste sin dejar espacios entre la cara y la mascarilla.
- Hablar con tus hijos e hijas sobre las precauciones que debe tomar en el colegio. Aconsejar respecto del uso de la mascarilla, la distancia física y la necesidad de permanecer en ambientes bien ventilados.
- Asegúrese de proveer a su hija e hijo de vestimenta acorde con la estación del año y con el pronóstico del tiempo, considerando que ventanas y puertas deben permanecer abiertas durante la jornada escolar. Para condiciones frías, se recomienda vestirse en capas, con ropa abrigada y liviana. Evaluar el uso de mantas o frazadas
- Planificar el transporte. En caso de utilizar transporte escolar, coordine con los demás cuidadores que todos los ocupantes usen mascarillas y que el transporte se haga en un vehículo bien ventilado, resguardando la seguridad de los niños.

Escuelas Seguras en tiempos del COVID-19

- Considerar limitar las interacciones que ocurran fuera del colegio a niños y niñas de su mismo curso o grupo, privilegiando las actividades al aire libre.
- Hablar con los administradores y profesores del colegio acerca de sus planes respecto a educación física y actividad física (por ejemplo, los recreos). Las actividades físicas deben ocurrir exclusivamente al aire libre. Converse con los profesores respecto a qué otras actividades educativas puedan hacerse al aire libre, especialmente en parques y plazas cercanas al centro educativo, con el apoyo de cuidadores que puedan organizarse en turnos.

Acciones para el profesorado

- Usar mascarillas de buena calidad y bien ajustadas durante la jornada escolar, y no reemplazar su uso por protectores faciales transparentes.
- Lavarse las manos y educar sobre el lavado de manos frecuente de las y los estudiantes.
- Evitar el intercambio de útiles escolares entre los alumnos.
- Verificar la correcta ventilación de la sala de clases. Abrir las ventanas y puertas para mejorar la circulación del aire, manteniendo la seguridad de la sala. Se pueden utilizar ventiladores ubicados estratégicamente, que promueven la circulación o disminuyen el aire estancado, para mejorar la circulación del aire exterior. La principal idea es generar “corriente” y eso se consigue con ventilación cruzada, tal como se indica en la figura 3. **La ventilación debe ser permanente pues la acumulación de posibles virus (y por lo tanto de CO₂) ocurre en cuestión de unos pocos minutos.**

Escuelas Seguras en tiempos del COVID-19

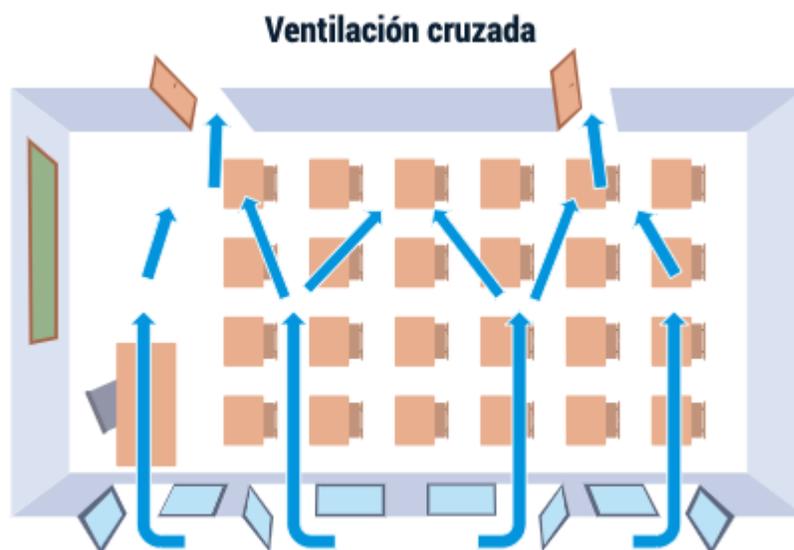


Figura 3. Ejemplo de ventilación cruzada en una sala. Tomado de “Guía para la ventilación de aulas” https://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ministerio/FICHEROS/guia_para_ventilacion_en_aulas_csic.pdf (Minguillón et al. 2020)

- De existir un monitor de CO₂, se recomienda que los profesores usen alguna de las planillas de cálculo con datos reales de la sala, número de estudiantes, nivel de contagio y en lo posible flujo de ventilación, para estimar el tiempo de exposición seguro, y vigilar que las concentraciones de CO₂ se mantengan por debajo de los niveles seguros para las condiciones existentes. Es necesario considerar que el nivel seguro de exceso de CO₂ dependerá del número de estudiantes y de las condiciones de contagio comunitario. Si el contagio es alto, como ocurre durante la Fase 2 del Plan Paso a Paso, los niveles de exceso de CO₂ deben ser significativamente más estrictos que en fases superiores.
- Considerar realizar actividades y clases en el exterior, cada vez que sea posible.
- Recordar que las colaciones y comidas solo pueden ser consumidas en exteriores, pues requiere el retiro de la mascarilla.

Acciones para la dirección del establecimiento

- Considerar la habilitación de espacios al aire libre tanto para la realización de clases, colaciones y lugares de reunión de la dirección y el profesorado. La reducción del riesgo de contagio en las escuelas requiere disminuir el riesgo asociado a la inhalación del aire exhalado por otras personas, como sucede en ambientes cerrados. Prevea la necesidad de coberturas para evitar la lluvia o de sombrillas para los periodos de mayor temperatura.
- Capacitar al profesorado y al personal de apoyo previo a la apertura de los centros educativos respecto de los mecanismos de transmisión del virus SARS-CoV-2, extendiéndose luego a los estudiantes y a sus cuidadores y cuidadoras, incluyendo material educativo con pertinencia de género y etnias, si fuera el caso.
- Realizar un catastro de las condiciones de ventilación en las distintas salas, restringiendo el uso de aquellas sin ventanas o sin capacidad de ser ventiladas mecánicamente. La ventilación debe ser cruzada y permanente pues la acumulación de virus y CO₂ ocurre en cuestión de unos pocos minutos en un ambiente cerrado.
- Flexibilizar los protocolos de uso de uniforme. Se debe preferir en este caso que las y los estudiantes puedan asistir a clases con ropa cómoda y abrigada que no necesariamente cumpla los criterios del uniforme estándar. Esta flexibilidad ayuda a hacer tolerable la ventilación natural en días de extremo frío o calor.
- Si existe un sistema de aire acondicionado o de extracción mecánica de aire, verificar su correcto funcionamiento, evitando flujos de recirculación y privilegiando la entrada de aire fresco. Es posible verificar el flujo de aire al interior de la sala bajo distintas condiciones, como el uso de un monitor de CO₂ y alguno de los métodos descritos en la “Guía para ventilación de aulas”¹⁰ que consisten en estudiar la caída de las concentraciones de CO₂ desde un valor cercano a las 2000 ppm hasta llegar a concentraciones similares al aire exterior. El tiempo que demora esta caída está relacionado con el flujo de ventilación desde el exterior a través de una fórmula. Es posible involucrar a los estudiantes de enseñanza media en este cálculo, como parte de su aprendizaje en Ciencias y Matemáticas.
- El equipo de Enfermería de cada escuela debe ser capacitado en las medidas de ventilación de las salas y espacios comunes y en las virtudes del cuidado del aire interior dentro del recinto educacional.

¹⁰ Guía para la ventilación de Aulas

https://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ministerio/FICHEROS/guia_para_ventilacion_en_aulas_csic.pdf

Escuelas Seguras en tiempos del COVID-19

- Cuando no sea posible la ventilación por tratarse de situaciones de tiempo extremo, temperaturas muy bajas o muy altas, considerar la suspensión de las actividades presenciales.
- Una alternativa a la ventilación que puede ayudar en condiciones de frío extremo es considerar el uso de filtros de partículas. Asegúrese de que los filtros cumplan con las medidas de instalación y reemplazo indicadas por las instrucciones del fabricante. Considera limpiadores portátiles de aire que usen filtros de aire particulado de alta eficiencia (HEPA por su sigla en inglés) para mejorar la limpieza del aire donde sea posible, especialmente en áreas de mayor riesgo como la sala de enfermería o el cuarto de enfermos/aislamiento. El uso de filtros puede ayudar a aminorar la necesidad de ventilación, sin embargo, se debe considerar idealmente como un complemento a la ventilación y no un reemplazo.
- Inspeccionar y mantener sistemas de extracción de aire en baños y cocinas. Asegurar que los sistemas de extracción de aire en baños y cocina estén encendidos y operando a máxima capacidad mientras el colegio o sala cuna estén siendo ocupados y durante las 2 horas posteriores.
- No usar separadores acrílicos entre escritorios de los alumnos ya que pueden producir más daño que beneficio (Lessler et al. 2021) al interrumpir la ventilación.
- Evitar la aplicación de desinfecciones masivas y promover el lavado de manos. La probabilidad de contagio por fomites es menor a 1/10000 según la CDC (CDC 2021b). La desinfección masiva y descontrolada desvía la atención y recursos hacia acciones que no son prioritarias y promueve la resistencia microbiana, la cual puede causar importantes problemas en el futuro (Singh 2020; Rusic et al. 2021).

Sobre el uso de monitores de CO₂

- De existir un monitor de CO₂, definir un encargado de su uso y de llevar registro de los datos de CO₂ teniendo en cuenta el aforo, las actividades que se realizan, y las condiciones de ventilación de cada sala. Esto generará un aprendizaje local respecto de las buenas prácticas de ventilación para los distintos espacios de la escuela.
- Los monitores deben ser instalados a una altura aproximada de 1,5 m de altura y al menos a un metro de distancia de la persona más cercana.
- Se recomienda que en lugares donde las separaciones dificulten la circulación del aire, se instale un monitor por espacio.

Escuelas Seguras en tiempos del COVID-19

- Se debe privilegiar la instalación de monitores en aquellas zonas donde se espera la mayor circulación de personas.
- En recintos grandes o de geometría compleja (con muchas separaciones o subdivisiones) se pueden realizar observaciones preliminares con un monitor móvil para así determinar la posición óptima de los monitores permanentes (zonas más desfavorables)

Sobre políticas públicas dirigidas a reducir la inequidad en el retorno a clases

- Considerando las inequidades estructurales que existen en el sistema educacional (OECD 2020) es importante que la infraestructura, el equipamiento y/o servicios requeridos para mantener un ambiente saludable dentro de las escuelas y salas de clases sean asegurados por las/los sostenedores de centros educacionales, municipalidades o en última instancia por el Gobierno central.
- Los elementos de protección personal certificados, tanto para el equipo docente, como para las y los estudiantes deberían ser provistos por el centro educacional municipalidad o en última instancia por el Gobierno central, en los casos en los que las personas no puedan adquirirlos.
- Las comunas en las que la dinámica de contagios excede las recomendaciones basadas en la evidencia científica, se deben intensificar estrategias como la trazabilidad y la vacunación para mejorar las condiciones comunitarias en las que están insertos los centros educacionales que hagan posible una apertura segura (Panovska-Griffiths et al. 2020).
- Se requiere un reforzamiento de la frecuencia de transporte público para asegurar condiciones de distanciamiento físico de los y las estudiantes que deban desplazarse.

8 Anexos

Planillas de cálculo de CO2

- En este sitio es posible calcular el tiempo máximo de exposición para un nivel de riesgo dado, y con los distintos parámetros del modelo de (Bazant et al. 2021)

[https://cheme.mit.edu/wp-content/uploads/2021/04/COVID-19 Indoor Safety Guideline PNAS with CO2 final.xlsx](https://cheme.mit.edu/wp-content/uploads/2021/04/COVID-19%20Indoor%20Safety%20Guideline%20PNAS%20with%20CO2%20final.xlsx)

- Guía de seguridad para la determinación de aforos y tiempos máximos de exposición. Esta guía acompaña al paper de (Bazant and Bush 2021).

<https://indoor-covid-safety.herokuapp.com/>

- Planilla de cálculo de riesgo de contagio y niveles de CO₂ basada en el trabajo de (Peng and Jimenez, n.d.)

<https://tinyurl.com/v4y7kc9r>

Videos de apoyo en castellano

- <https://www.youtube.com/watch?v=ul8ODCxrNMU> Video del Profesor José Luis Jiménez en donde se explica el contagio de COVID-19 por aerosoles.
- <https://www.youtube.com/watch?v=AGIUjzNx2MYhttps://www.youtube.com/watch?v=69-C4XRHtt4>: Video explicativo realizado por Smily and Learn acerca de qué es el coronavirus, prevención y contagio para niños y niñas.
- https://esp.brainpop.com/salud/condiciones_lesiones_y_enfermedades/coronavirus/: Video explicativo realizado por Brain Pop Español acerca de qué es el coronavirus, cómo se ha desarrollado la pandemia en el mundo, prevención y contagio para niños y niñas. Incluye un cuestionario, lecturas complementarias y un vocabulario.
- <https://www.youtube.com/watch?v=3VFhJ5sTpIk>: Video musical de Elmo sobre la correcta manera de estornudar.
- <https://www.youtube.com/watch?v=e0pecj7ZCcQ>: Video musical de Elmo sobre la correcta manera de lavarse las manos.

Referencias

- Asadi, Sima, Anthony S. Wexler, Christopher D. Cappa, Santiago Barreda, Nicole M. Bouvier, and William D. Ristenpart. 2019. "Aerosol Emission and Superemission during Human Speech Increase with Voice Loudness." *Scientific Reports* 9 (1): 2348.
- Bakó-Biró, Zs, D. J. Clements-Croome, N. Kochhar, H. B. Awbi, and M. J. Williams. 2012. "Ventilation Rates in Schools and Pupils' Performance." *Building and Environment* 48 (February): 215–23.
- Bazant, Martin Z., and John W. M. Bush. 2021. "A Guideline to Limit Indoor Airborne Transmission of COVID-19." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 118 (17). <https://doi.org/10.1073/pnas.2018995118>.
- Bazant, Martin Z., Ousmane Kodio, Alexander E. Cohen, Kasim Khan, Zongyu Gu, and John W. M. Bush. 2021. "Monitoring Carbon Dioxide to Quantify the Risk of Indoor Airborne Transmission of COVID-19." *medRxiv*. <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.04.04.21254903v2.abstract>.
- Bulfone, Tommaso Celeste, Mohsen Malekinejad, George W. Rutherford, and Nooshin Razani. 2021. "Outdoor Transmission of SARS-CoV-2 and Other Respiratory Viruses: A Systematic Review." *The Journal of Infectious Diseases* 223 (4): 550–61.
- CDC. 2021a. "Science Brief: Transmission of SARS-CoV-2 in K-12 Schools. Updated March 2021." ———. 2021b. "Science Brief: SARS-CoV-2 and Surface (Fomite) Transmission for Indoor Community Environments," April. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/34009771>.
- Coley, David A., Rupert Greeves, and Brian K. Saxby. 2007. "The Effect of Low Ventilation Rates on the Cognitive Function of a Primary School Class." *International Journal of Ventilation* 6 (2): 107–12.
- Fisk, W. J. 2017. "The Ventilation Problem in Schools: Literature Review." *Indoor Air* 27 (6): 1039–51.
- Greenhalgh, Trisha, Jose L. Jimenez, Kimberly A. Prather, Zeynep Tufekci, David Fisman, and Robert Schooley. 2021. "Ten Scientific Reasons in Support of Airborne Transmission of SARS-CoV-2." *The Lancet* 397 (10285): 1603–5.
- Gurdasani, Deepti, Nisreen Alwan, Trisha Greenhalgh, Zoë Hyde, Luke Johnson, Paul Roderick, Susan Michie, et al. 2021. "Reopening Schools without Strict COVID-19 Mitigation Measures Risks Accelerating the Pandemic." https://osf.io/qg4bj/?fbclid=IwAR20kUi2W0sFX_sn4k3YvilrEpJ0m1e_GalGrWn318OE4YvgBRv yGWPQnIM.
- Haleemunnissa, S., Siyaram Didel, Mukesh Kumar Swami, Kuldeep Singh, and Varuna Vyas. 2021. "Children and COVID19: Understanding Impact on the Growth Trajectory of an Evolving Generation." *Children and Youth Services Review* 120 (January): 105754.

Escuelas Seguras en tiempos del COVID-19

- and Lydia Bourouiba. 2020. "Two Metres or One: What Is the Evidence for Physical Distancing in Covid-19?" *BMJ* 370 (August): m3223.
- Lessler, Justin, M. Kate Grabowski, Kyra H. Grantz, Elena Badillo-Goicoechea, C. Jessica E. Metcalf, Carly Lupton-Smith, Andrew S. Azman, and Elizabeth A. Stuart. 2021. "Household COVID-19 Risk and in-Person Schooling." *Science*, April. <https://doi.org/10.1126/science.abh2939>.
- Lewis, Dyani. 2021. "Superspreading Drives the COVID Pandemic — and Could Help to Tame It." *Nature*. <https://doi.org/10.1038/d41586-021-00460-x>.
- Massad, Eduardo, Marcos Amaku, Dimas Tadeu Covas, Luis Fernandes Lopez, and Francisco Antonio Bezerra Coutinho. 2021. "Estimating the Effects of Reopening of Schools on the Course of the Epidemic of COVID-19." *Epidemiology & Infection* 149. <https://www.cambridge.org/core/journals/epidemiology-and-infection/article/estimating-the-effects-of-reopening-schools-on-the-course-of-the-epidemic-of-covid19/7D54E2D92D7CA1E75E997200891A0A9C>.
- Miller, Shelly L., William W. Nazaroff, Jose L. Jimenez, Atze Boerstra, Giorgio Buonanno, Stephanie J. Dancer, Jarek Kurnitski, Linsey C. Marr, Lidia Morawska, and Catherine Noakes. 2021. "Transmission of SARS-CoV-2 by Inhalation of Respiratory Aerosol in the Skagit Valley Chorale Superspreading Event." *Indoor Air* 31 (2): 314–23.
- Minguillón, María Cruz, Xavier Querol, José Manuel Felisi, and Tomás Garrido. 2020. "Guía Para Ventilación de Las Aulas CSIC." <https://digital.csic.es/handle/10261/221538>.
- Morawska, Lidia, Joseph Allen, William Bahnfleth, Philomena M. Bluysen, Atze Boerstra, Giorgio Buonanno, Junji Cao, et al. 2021. "A Paradigm Shift to Combat Indoor Respiratory Infection." *Science* 372 (6543): 689–91.
- Morawska, Lidia, and Junji Cao. 2020. "Airborne Transmission of SARS-CoV-2: The World Should Face the Reality." *Environment International* 139 (June): 105730.
- OECD. 2020. "The Impact of COVID-19 on Student Equity and Inclusion: Supporting Vulnerable Students during School Closures and School Re-Openings." OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19). Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD). <https://doi.org/10.1787/d593b5c8-en>.
- Panovska-Griffiths, Jasmina, Cliff C. Kerr, Robyn M. Stuart, Dina Mistry, Daniel J. Klein, Russell M. Viner, and Chris Bonell. 2020. "Determining the Optimal Strategy for Reopening Schools, the Impact of Test and Trace Interventions, and the Risk of Occurrence of a Second COVID-19 Epidemic Wave in the UK: A Modelling Study." *The Lancet. Child & Adolescent Health* 4 (11): 817–27.
- Peng, Zhe, and Jose L. Jimenez. n.d. "Exhaled CO2 as COVID-19 Infection Risk Proxy for Different Indoor Environments and Activities." <https://doi.org/10.1101/2020.09.09.20191676>.
- Prather, Kimberly A., Chia C. Wang, and Robert T. Schooley. 2020. "Reducing Transmission of SARS-CoV-2." *Science* 368 (6498): 1422–24.
- Prentiss, Mara G., Arthur Chu, and Karl K. Berggren. 2020. "Superspreading Events Without Superspreaders: Using High Attack Rate Events to Estimate N O for Airborne Transmission of COVID-19." *medRxiv*. <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.10.21.20216895v1.abstract>.
- Rauscher, Emily, and Ailish Burns. 2021. "Unequal Opportunity Spreaders: Higher COVID-19 Deaths with Later School Closure in the United States." *Sociological Perspectives*. <https://doi.org/10.1177/07311214211005486>.
- Rusic, Doris, Marino Vilovic, Josipa Bukic, Dario Leskur, Ana Seselja Perisin, Marko Kumric, Dinko

Escuelas Seguras en tiempos del COVID-19

- Martinovic, Ana Petric, Darko Modun, and Josko Bozic. 2021. "Implications of COVID-19 Pandemic on the Emergence of Antimicrobial Resistance: Adjusting the Response to Future Outbreaks." *Life* 11 (3). <https://doi.org/10.3390/life11030220>.
- Schade, Wolfgang, Vladislav Reimer, Martin Seipenbusch, Ulrike Willer, and Eike G. Hübner. 2021. "Viral Aerosol Transmission of SARS-CoV-2 from Simulated Human Emission in a Concert Hall." *International Journal of Infectious Diseases*. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2021.04.028>.
- Singh, Ajit. 2020. "Covid-19: Disinfectants and Sanitisers Are Changing Microbiomes." *BMJ* 370 (July): m2795.
- Stein-Zamir, Chen, Nitza Abramson, Hanna Shoob, Erez Libal, Menachem Bitan, Tanya Cardash, Refael Cayam, and Ian Miskin. 2020. "A Large COVID-19 Outbreak in a High School 10 Days after Schools' Reopening, Israel, May 2020." *Euro Surveillace: Bulletin Europeen Sur Les Maladies Transmissibles = European Communicable Disease Bulletin* 25 (29). <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.29.2001352>.
- Tolvett, Sebastián, Roberto Rondanelli, Wernher Brevis, Macarena Valdes y Maisa Rojas (2020). La importancia de la ventilación para evitar contagios de covid-19. Santiago: Comité Científico Asesor de Cambio Climático; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.
- Torres, Juan Pablo, Cecilia Piñera, Verónica De La Maza, Anne J. Lagomarcino, Daniela Simian, Bárbara Torres, Cinthya Urquidi, María Teresa Valenzuela, and Miguel O'Ryan. 2020. "SARS-CoV-2 Antibody Prevalence in Blood in a Large School Community Subject to a Covid-19 Outbreak: A Cross-Sectional Study." *Clinical Infectious Diseases: An Official Publication of the Infectious Diseases Society of America*, July. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa955>.
- Tosi, Davide, and Alessandro Siro Campi. 2021. "How Schools Affected the COVID-19 Pandemic in Italy: Data Analysis for Lombardy Region, Campania Region, and Emilia Region." *Future Internet* 13 (5): 109.
- Viner, R. M., C. Bonell, L. Drake, and D. Jourdan. 2021. "Reopening Schools during the COVID-19 Pandemic: Governments Must Balance the Uncertainty and Risks of Reopening Schools against the Clear Harms Associated" *Archives of Disease in Childhood*. <https://adc.bmj.com/content/106/2/111.abstract>.
- Walsh, Sebastian, Avirup Chowdhury, Simon Russell, Vickie Braithwaite, Joseph Ward, Claire Waddington, Carol Brayne, Chris Bonell, Russell M. Viner, and Oliver Mytton. 2021. "Do School Closures Reduce Community Transmission of COVID-19? A Systematic Review of Observational Studies." *medRxiv*. <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.01.02.21249146v1.abstract>.
- Zhang, Renyi, Yixin Li, Annie L. Zhang, Yuan Wang, and Mario J. Molina. 2020. "Identifying Airborne Transmission as the Dominant Route for the Spread of COVID-19." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 117 (26): 14857–63.