

Medición de dióxido de carbono en las aulas

I. Introducción

A raíz de la preeminencia de la vía de contagio por aerosoles en las investigaciones científicas (Goldman et al., 2020; Prather et al., 2020; Santarpia et al., 2020) surge la necesidad de implementar acciones en pos de reducir la probabilidad de contagios en espacios cerrados.

Las partículas emitidas al respirar, hablar, estornudar o toser, son más pequeñas que las gotas y debido a su escaso peso permanecen suspendidas en el aire durante largos períodos de tiempo (de hasta 3 horas), y pueden viajar durante distancias mayores a 2 metros. Los espacios cerrados propician la concentración de los aerosoles y las permanencias prolongadas en ellos podrían provocar la acumulación progresiva del virus si hay una persona enferma (Bourouiba et al., 2020).

Una forma de reducir la vía de contagio por aerosoles en espacios interiores, es a partir de la ventilación de los ambientes, expulsando aire interior que puede estar contaminado y sustituirlo por aire exterior. Una forma indirecta para medir si un espacio está lo suficientemente ventilado es a partir del monitoreo de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en el aire (Peng et al., 2020), ya que, en espacios cerrados, aquella aumenta debido a la emisión de CO₂ expulsado por las personas presentes.

El siguiente informe se enfoca en una de las medidas adoptadas para el retorno seguro a la presencialidad en las escuelas en la Provincia de Buenos Aires (PBA), la de la medición de dióxido de carbono (CO₂) en las aulas de escuelas estatales, con el objetivo de reducir la probabilidad de contagios por COVID-19 y otras enfermedades transmitidas por aire.

II. Experiencias en otros países

En algunas ciudades y comunidades autónomas de España la utilización de medidores de dióxido de carbono comenzó durante la segunda mitad del 2020, con el regreso a las clases presenciales (Tele Madrid, 2020). Junto al Consejo Superior de Investigaciones Científicas, el Gobierno de España lanzó una guía que da las pautas sobre cómo debe ser la ventilación en las aulas, en la cual establecen el uso de mediciones de CO₂ para determinar si la ventilación de un aula es adecuada (Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua et al., 2020).

Un estudio realizado en escuelas de Verona, Italia, analizó el flujo de la ventilación y la efectividad de las intervenciones de mitigación en las aulas, como medir la concentración de CO₂ con sensores y así poder establecer de manera segura los intervalos de ventilación (Zivelonghi & Lai, 2021).

Por otro lado, en junio de 2021, el CDC de EE.UU. incluyó entre sus recomendaciones para disminuir la exposición al SARS-CoV-2 la importancia de ventilar los espacios cerrados, y

plantea que el uso de medidores de CO₂ de bajo costo es una medida eficiente para monitorear la ventilación de los edificios (Centers for Disease Control and Prevention, 2021).

En el caso de Inglaterra, el Departamento de Educación distribuirá 300.000 medidores de CO₂ en todas las escuelas para que, tanto los profesores como los estudiantes, puedan alertar si la calidad del aire dentro del aula está disminuyendo y así poder tomar medidas para reforzar la ventilación (Adams, 2021).

Otro país que comenzará a implementar el uso de sensores de CO₂ en las aulas es Irlanda que, en el marco de la campaña “Back to School”, repartirá en septiembre los dispositivos en escuelas primarias y secundarias (Kelly, 2021). En mayo del 2021, desde el Departamento de Educación, se publicaron diferentes guías para la ventilación en escuelas y el uso de los monitores de dióxido de carbono (Department of Education, Government of Ireland, 2021).

III. Medidas adoptadas para mejorar la calidad del aire en las aulas

Desde la Dirección General de Cultura y Educación, el Ministerio de Producción, Ciencia e Innovación Tecnológica y el Ministerio de Salud del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y el Ministerio de Educación de la Nación, se dió forma a la iniciativa “Buenos Aires en las Escuelas” que promueve la ventilación natural y el uso de medidores de dióxido de carbono en las escuelas bonaerenses con el objetivo de reducir la transmisión de COVID-19.

En este marco, el Gobierno de la PBA distribuyó 33 mil medidores de CO₂ en más de 13 mil escuelas de gestión estatal, de todos los niveles y modalidades, como una medida que aporte datos al establecimiento acerca de la ventilación de las aulas, y así poder tomar medidas oportunas en caso de registrarse una concentración superior a la recomendada. Del mismo modo, los medidores de CO₂ aportan insumos para una eficiente regulación de la apertura de puertas y ventanas, permitiendo encontrar el equilibrio óptimo entre comodidad térmica y adecuada renovación del aire interior.

Además, la Subsecretaría de Planeamiento de la Dirección General de Cultura y Educación, el Ministerio de Salud y la Subsecretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación del Ministerio de Producción, Ciencia e Innovación Tecnológica de la PBA lanzaron la convocatoria al Programa “ImpaCT.AR Ciencia y Tecnología” para grupos de investigación especializados del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI). El objetivo es la construcción de información que permita establecer formas adecuadas de ventilación como medio preventivo de enfermedades respiratorias, especialmente COVID-19, elaborando estrategias de medición de CO₂ en las aulas de escuelas de la PBA. Se propone, de esta manera, fortalecer el impacto de la ciencia, la tecnología y la innovación en la construcción y aplicación de políticas públicas.

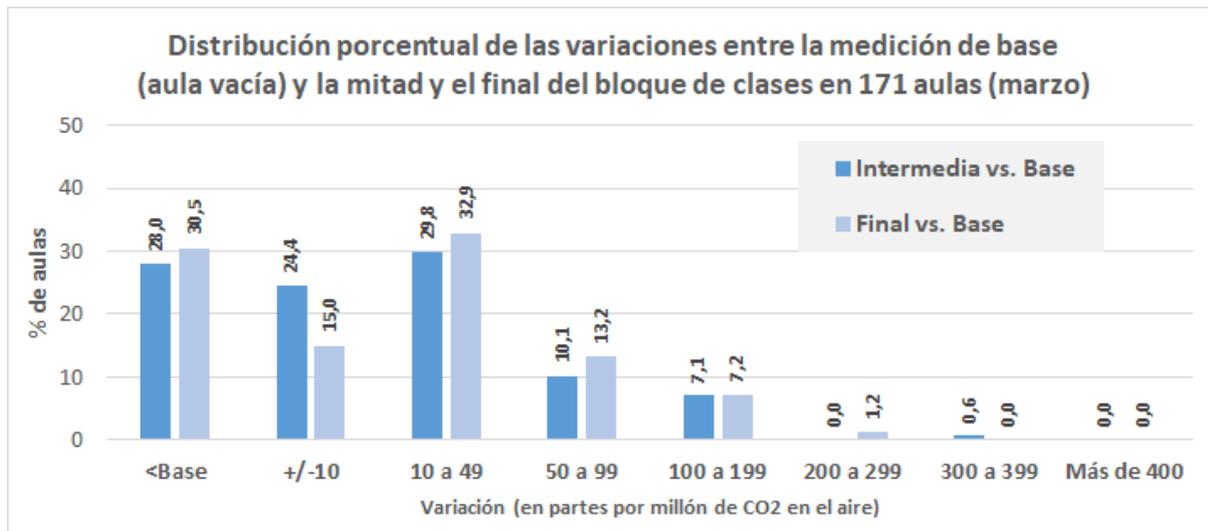
IV. Mediciones realizadas en escuelas de la PBA

Para obtener un estado de situación de la ventilación en las aulas, personal técnico de la Dirección General de Cultura y Educación realizó una prueba en 171 aulas de 45 escuelas de nivel inicial, primario y secundario de distritos ubicados en diferentes zonas de la PBA en el mes de marzo (cuando comenzaron las clases bajo la modalidad de presencialidad cuidada especificada en el Plan Jurisdiccional para un regreso seguro a las clases presenciales), sin alterar las condiciones iniciales presentes en cada aula, con el objetivo de establecer pautas para mejorar la ventilación en caso de ser necesario.

Distrito	Establecimientos Educativos	Mediciones realizadas (aulas)
Almirante Brown	5	20
Berisso	4	16
Brandsen	4	15
Lomas de Zamora	4	15
La Costa	5	20
La Plata	8	28
San Vicente	5	20
Gral. Pueyrredon	5	18
Vicente Lopez	5	19
Total	45	171

Se tomaron las medidas de las aulas, con sus respectivas puertas y ventanas, se registró la cantidad de personas dentro del aula, y se procedió a colocar 3 sensores de CO₂ en distintos puntos estratégicos de la misma. El estudio consistía en una primera medición antes de iniciar la clase, y con el aula vacía, para establecer el nivel de base de CO₂. Luego se monitorea la evolución de los valores a lo largo de un bloque de enseñanza (90 minutos), registrando los niveles de CO₂ en dos instancias: en la mitad de la clase y antes de finalizar. En cada medición se registró también la temperatura, humedad y el porcentaje de apertura de puertas y ventanas al momento de la medición.

Del ensayo realizado se observa que, en promedio, el nivel de base de dióxido de carbono en las aulas era de 487 ppm (partes por millón), es decir, que se encontraba entre los niveles esperables para un espacio interior. En el segundo momento de medición (realizada entre los 20-45 minutos de iniciada la clase) no se registra una variación significativa respecto al nivel de base en la gran mayoría de los casos: en poco más de la mitad de las aulas, el registro fue menor o similar al de base, en tres de cada diez el CO₂ se incrementó entre 10 y 49 ppm, en una de cada diez el incremento se ubicó entre 50 y 99 ppm, en el 7,1% aumentó entre 100 y 199 y en solo un aula el incremento se ubicó en el rango de 300-299 . Es decir que el nivel de CO₂, transcurrida la mitad del módulo de la clase, continuó en niveles óptimos o aceptables. Lo mismo sucede cuando se comparan las mediciones del final de la clase con el nivel basal: casi la mitad de las aulas registraron un nivel menor o similar al inicial, en un tercio aumentó entre 10 y 49 ppm, en el 13,2% se incrementó entre 50 y 99 ppm, en el 7,2% entre 100 y 199 pm y en dos aulas (1,2%) se registró un aumento en el rango de 200 a 299 pm.

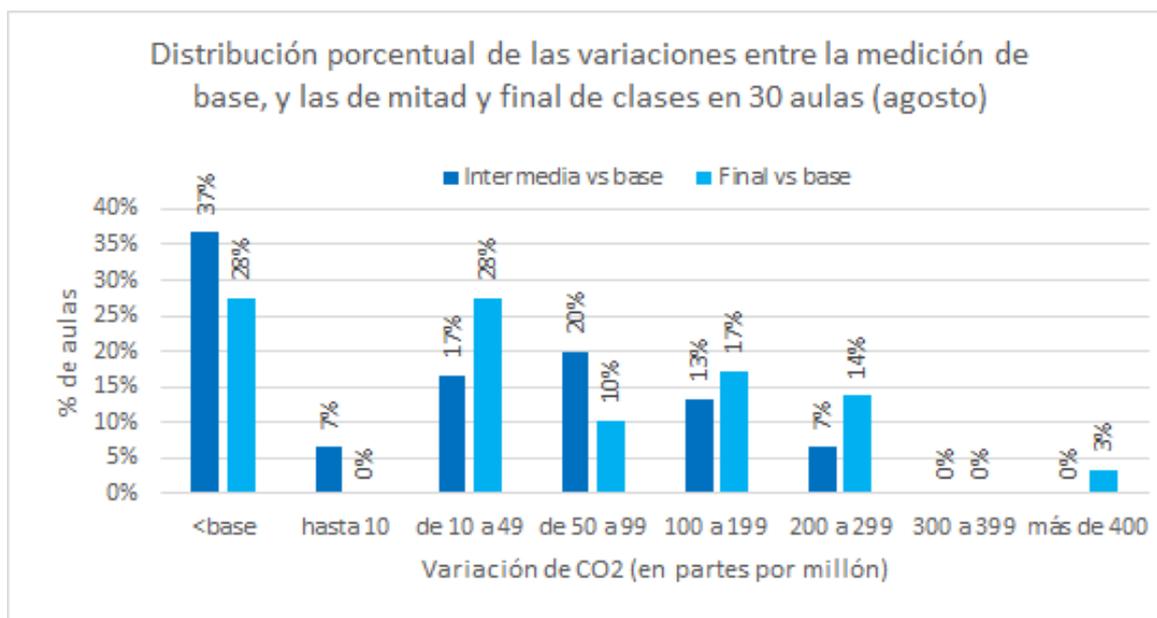


Teniendo en cuenta que la recomendación convenida entre los expertos es que la concentración de CO₂ no supere en 400 ppm al nivel de base, los resultados del estudio son un indicio de una ventilación adecuada en las escuelas relevadas. Además, ninguno de los establecimientos registró una concentración de CO₂ superior a las 1.000 ppm, lo que podría generar malestar o incomodidad, más allá de estar o no infectado el aire.

Con el objetivo de contar con información actualizada y evaluar si hubo cambios significativos debido a las temperaturas más bajas, se realizó un nuevo monitoreo durante la semana del 23 de agosto en una muestra de 8 escuelas (ubicadas en Lomas de Zamora, Berisso, La Plata y Brandsen), en las cuales ya se habían realizado mediciones en marzo.

En comparación con el relevamiento realizado en marzo, en estas mediciones, la mitad de las aulas registró un nivel de CO₂ con el aula vacía por debajo del registrado en aquel momento,

La variación del CO₂ entre la medición con el aula vacía y la medición intermedia (mitad de la clase) es menor a las 100 ppm en el 80% de las aulas relevadas, y en el 20% restante la misma es menor a 300 ppm. En este relevamiento sólo un aula de las 30 relevadas presentó una variación mayor a las 400 ppm en la medición del final de la clase (comparada a la medición del aula vacía). Sobre este caso específico, vale indicar que la medición intermedia mostró una leve baja respecto a la medición basal, registrándose un sustantivo incremento entre el promedio y el final de la clase, que obedeció a que, al momento de la última medición, la puerta del aula había sido cerrada impidiendo la ventilación cruzada; al abrirse nuevamente la puerta, rápidamente el nivel de CO₂ del aula retornó a los valores previos.



V. Relevamiento sobre el uso de medidores a los equipos directivos de las escuelas

A fines de agosto, la Dirección General de Cultura y Educación lanzó un relevamiento para que completen todas las escuelas estatales de la provincia con el objetivo de que evalúen la estrategia de los medidores de CO₂. Los resultados parciales (5.807 respuestas), para las escuelas de los niveles obligatorios, indican que hay una gran adherencia en el uso de esta medida (96% de las escuelas lo utilizan actualmente) considerando importante o muy importante su contribución para la presencialidad cuidada (94%).

Entre otros resultados, se destaca que el 82% de los establecimientos educativos utiliza los medidores al menos una vez por semana en todas las aulas, y que más de 7 de cada 10 escuelas (72%) tomaron medidas acerca de la ventilación como resultado de las mediciones, debiendo incrementar la apertura de puertas/ventanas si los valores eran elevados (30,5%) o, por el contrario, establecer una menor apertura para lograr mayor comodidad térmica con valores bajos de CO₂ (65,5%). Sólo el 15% de los establecimientos reportó que alguna de todas las mediciones, realizadas periódicamente superó los niveles recomendados (400 ppm por sobre el nivel del aula vacía), solucionándolo en prácticamente la totalidad de los casos con más apertura de puertas y ventanas. Además, el 7,8% de escuelas indicó que contaba con al menos un espacio que no se utilizaba por presuponer que no estaban dadas las condiciones de ventilación y, a partir de la información que brindan los medidores, siete de cada diez de estos espacios pudieron ser habilitados, aumentando así las instalaciones disponibles para la presencialidad.

Por último, el 98,3% de las escuelas respondió que la presencia de los medidores, y el control de la ventilación que ellos permiten, no implicó la relajación de otras pautas de cuidado. Es importante destacar que la ventilación es una medida complementaria de prevención y es efectiva si además se mantienen las otras medidas de cuidado: usar en forma correcta y

permanente el tapaboca y nariz, evitar interacciones con otros grupos de estudiantes, distancia social, higienizarse las manos y limpiar superficies y objetos, entre otras.

En otro orden, se procuró que la distribución de los medidores a las escuelas sea acompañada por la vinculación entre la información que éstos aportan, la reflexión sobre la importancia de la calidad del aire y los contenidos curriculares de las distintas áreas. En este sentido, dos tercios de las escuelas reportan que los medidores despertaron mucho o algo de interés entre las y los estudiantes (especialmente en nivel primario), y una proporción similar informó que se utilizaron las propuestas pedagógicas elaboradas por la DGCyE en los contenidos abordados de las clases (estos materiales fueron valorados positivamente por el 99%). Adicionalmente, el 15,3% de las escuelas informó que los docentes elaboraron sus propias propuestas para incluir estos temas en el desarrollo de las clases.

VI. Conclusión

La información presentada a lo largo del informe corrobora la relevancia de haber provisto medidores de CO₂ a todos los establecimientos educativos de gestión estatal como parte de la política asumida por el Gobierno provincial para asegurar una presencialidad cuidada en el contexto excepcional de la pandemia.

Esta estrategia, realizada a partir de la evidencia científica y de las recomendaciones que de allí se derivan, se ha visto enriquecida con la participación de las áreas de salud, de educación y de ciencia y técnica del Estado nacional y provincial.

Los resultados alcanzados hasta la fecha, se continuarán consolidando a partir de distintas acciones que también serán realizadas en el marco del trabajo coordinado con las áreas mencionadas. Por un lado, se seguirá acompañando a las escuelas con materiales orientativos e instancias de asistencia y capacitación para que se afiance el uso de los medidores de CO₂ como parte de la rutina institucional. Por otro lado, se avanzará en el desarrollo de investigaciones científicas que, a partir de un conocimiento exhaustivo y riguroso, permitan obtener evidencias que contribuyan no solo con la mitigación de riesgo ante el Covid-19, sino también, con la mejora del medio ambiente escolar.

Por último, cabe destacar, tras la experiencia pedagógica que se ha dado en relación a los medidores de dióxido de carbono y los materiales educativos que acompañaron su distribución en cada escuela, se continuarán fortaleciendo las actividades educativas relativas a los temas de referencia desde un enfoque de divulgación científica que se integre a los abordajes curriculares de la educación inicial, primaria y secundaria.

VI. Bibliografía

- Adams, R. (2021, 08 21). Classrooms in England to get air quality monitors to help combat Covid. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/education/2021/aug/21/classrooms-england-monitor-air-quality-effort-combat-covid-better-ventilation>
- Alonso, S. (2021, 04 10). España se lanza a la compra de medidores de CO2 contra los contagios en las aulas. *La Razón*. <https://www.larazon.es/sociedad/20210410/wzl3o63vufdfllhxx7poufkd2y.html>
- Bourouiba, Lydia. "Turbulent gas clouds and respiratory pathogen emissions: potential implications for reducing transmission of COVID-19." *Jama* 323.18 (2020): 1837-1838.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2021, 06 02). *Ventilation in Buildings*. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/ventilation.html>
- Department of Education, Government of Ireland. (2021, 05 27). *Guidance on Ventilation in Schools*. gov.ie. <https://www.gov.ie/en/publication/ad236-guidance-on-ventilation-in-schools/#>
- Goldman, Emanuel. "Exaggerated risk of transmission of COVID-19 by fomites." *The Lancet Infectious Diseases* 20.8 (2020): 892-893.
- Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua, IDAEDA-CSIC, Mesura, & Ministerio de Ciencia e Innovación, Gobierno de España. (2020, 10 21). *Guía para ventilación en aulas*. La Moncloa. <https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/ciencia-e-innovacion/Paginas/2020/211020-aulas.aspx>
- Kelly, E. O. (2021, 05 28). Dept to supply schools with carbon dioxide monitors. *Raidió Teilifís Éireann*. <https://www.rte.ie/news/2021/0528/1224520-carbon-dioxide-monitors-schools/>
- Peng, Zhe, and Jose L. Jimenez. "Exhaled CO2 as COVID-19 infection risk proxy for different indoor environments and activities." medRxiv (2020). <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.09.09.20191676v1>
- Prather, Kimberly A., et al. "Airborne transmission of SARS-CoV-2." *Science* 370.6514 (2020): 303-304. <https://science.sciencemag.org/content/370/6514/303.2>
- Santarpia, Joshua L., et al. "Aerosol and surface contamination of SARS-CoV-2 observed in quarantine and isolation care." *Scientific reports* 10.1 (2020): 1-8.
- Tele Madrid. (2020, 11 11). *Madrid apuesta por instalar medidores de CO2 en los colegios y en bares y restaurantes*. Tele Madrid. <https://www.telemadrid.es/coronavirus-covid-19/Madrid-instalar-medidores-CO2-restaurantes-2-2285791410--20201111123009.html>
- Zivelonghi, A., & Lai, M. (2021, 07 15). Mitigating aerosol infection risk in school buildings: the role of natural ventilation, volume, occupancy and CO2 monitoring. *ELSEVIER Building and Environment*, 204(108139), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108139>