

Medidores de CO₂ ¿Útiles para reducir el contagio de la Covid-19?

CO₂ meters: Useful to reduce the spread of Covid-19?

Norma A. Rodríguez Muñoz y Naghelli Ortega Ávila

CONAHACYT, Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. Durango, Dgo. México.
Contacto: naghelli.ortega@cimav.edu.mx

Resumen. Pocas veces se ha necesitado un nivel de resiliencia como el que se tuvo durante y después del largo confinamiento por la pandemia de la Covid-19. Esta situación nos llevó a la búsqueda de los medios para evitar y reducir el contagio, desde el desarrollo de vacunas hasta el uso del cubrebocas. Sin embargo, dado que las variantes de este virus permanecerán por largo tiempo en nuestro entorno, es necesario contar con herramientas para mantener un ambiente seguro y libre de contagio. Entre ellas se ha propuesto el uso de medidores de dióxido de carbono en espacios cerrados, pero ¿realmente son útiles?

Palabras clave: pandemia, dióxido de carbono, monitoreo.

Abstract. Never before has been needed a level of resilience as in the times during and after the long confinement due to the COVID-19 pandemic. Such a situation led us to search for means to avoid and reduce possible contagion, from using facemasks to developing vaccines. However, given that the variants of this virus will remain in our environment for a long time, it is necessary to have mechanisms to maintain a safe and contagion-free environment. Among them, the employment of carbon dioxide meters in closed spaces has been proposed, but are they actually useful?

Keywords: pandemic, carbon dioxide, monitoring.

recomendada por las autoridades para evitar contagios (Morawska & Cao, 2020). Además, se sabía que otras enfermedades pueden ser transmitidas por la vía aérea, como *resfriado común, sarampión, paperas, tuberculosis, influenza y varicela*; por lo que la adopción de medidas que ayuden a mantener el aire libre de estos patógenos puede reducir en gran medida su contagio.

Ahora bien, si tomamos en cuenta que todos pasamos alrededor del 85 % de nuestro tiempo al interior de alguna edificación (Jurado, 2024), no debería de sorprendernos que un nivel alto de ocupación pueda afectar nuestra salud y productividad, especialmente si se tiene una mala ventilación, la cual provoca la acumulación de alérgenos, microorganismos, dióxido de carbono (CO₂) y otros compuestos volátiles (Azuma, Kagi, Yanagi, & Osawa, 2018).

La calidad del aire interior en las edificaciones se ha investigado exhaustivamente desde antes de la aparición de la pandemia del virus SARS-CoV-2. Por ejemplo, a través del análisis del síndrome del *edificio enfermo*, que se refiere a la serie de síntomas que presentan los ocupantes de edificios con poca o nula ventilación, como resequead de mucosas, irritación ocular o fatiga, se generó información muy valiosa para la mejora del aire en interiores y la preservación de la salud de sus ocupantes.

Sin embargo, a partir del surgimiento de la pandemia por la Covid-19, este tema

El surgimiento de la pandemia por la COVID-19 nos enfrentó a grandes retos para evitar los contagios y reducir la desaceleración económica provocada por el confinamiento. En un principio se creyó que este virus se transmitía por el contacto directo; sin embargo, actualmente está demostrado

científicamente que la principal fuente de contagio es por inhalación de las gotas de aerosol producidas al respirar o hablar, las cuales pueden estar cargadas de virus y pueden permanecer suspendidas en el aire por horas en lugares cerrados con poca o nula ventilación, aparte de viajar distancias mucho mayores a las establecidas por la *sana distancia*



Figura 1. Sensores de concentración de CO₂ instalados en un expendio y en un salón escolar

ha tomado mayor relevancia, y por ello diferentes grupos de expertos han evaluado la implementación de varias medidas para el control de infecciones transmitidas por vía aérea en edificios. Entre ellas, la viabilidad de relacionar la concentración del dióxido de carbono (CO₂) para conocer la calidad del aire en el interior de las edificaciones, usándolo como un gas de señuelo, ya que en la mayoría de los edificios la fuente predominante de CO₂ es por la exhalación de los ocupantes (Peng & Jimenez, 2021). Investigadores han realizado experimentos en salones de clases, analizando el uso de diversas medidas aplicables a edificios como el control de la ventilación, la filtración del aire o la desinfección con luz ultravioleta,

para incentivar el uso de estos sistemas. Este interés generalizado en aplicar este tipo de dispositivos se debe principalmente a que el fenómeno de la pandemia de COVID-19 podría prevalecer por varios años (Scudellari, 2020), por lo que resulta imperativo implementar una comunicación efectiva de los riesgos asociados para evitar una falsa sensación de seguridad, además de medidas efectivas para lidiar con esta situación en el largo plazo, de manera que se reduzca la posibilidad de contagio y se incremente la resiliencia en futuras pandemias (Sinyavskaya, 2024).

Así mismo, está documentado que quienes enfrentaron mayores dificultades para adaptarse tecnológicamente y

exterior (de alrededor de 400 ppm) debido al aliento exhalado por las personas, pero esta concentración se puede reducir cuando se ventila el edificio. Por lo tanto, la meta principal del monitoreo de CO₂ es conocer en todo momento su concentración y, si la calidad del aire no es buena, aplicar medidas sencillas de ventilación natural. El objetivo es mantener los recintos interiores a concentraciones menores de 800 ppm (este valor indica que el 1% del aire ya ha sido respirado por otras personas).

En el caso de este estudio, se utilizaron los sensores más sencillos y económicos disponibles en el mercado nacional, de modo que los usuarios pudieran constatar la facilidad de su aplicación y que el costo implicado es relativamente bajo (Figura 1). Además, no hubo ninguna intervención en los espacios, es decir, no se dieron instrucciones a los usuarios del lugar, de manera que se pudiera analizar y comprender su comportamiento *natural*. Esto permitió relacionar el nivel de CO₂ existente al interior de cada lugar con la apertura de sus puertas y ventanas para determinar su impacto en desplazar con aire limpio el aire interior viciado por la respiración de los ocupantes.

Ahora veamos tres ejemplos de los resultados que obtuvimos en: un expendio, un salón escolar y un consultorio médico. El estudio se realizó en marzo de 2022, por lo que todas las personas estuvieron usando permanentemente el cubrebocas, con algunas excepciones en el expendio.

El primer lugar analizado fue un expendio de 40 m² de superficie, con una cortina de 4 m² y un ventilador de techo operando continuamente. Este expendio operaba en un horario de 11 am a 11 pm, tenía solo un empleado de mostrador y fue monitoreado durante 12 días. En la figura 2 se puede ver cómo fue cambiando la concentración de CO₂ en dos días típicos. Las líneas punteadas horizontales representan los límites recomendados para tener una calidad del aire excelente (abajo de 500 ppm - verde), buena (entre 500 y 600 ppm - amarillo), regular (entre 600 y 800 ppm - naranja) y mala (arriba de 800 ppm).

Lo que se encontró fue que los valores de concentración de CO₂ se mantuvieron en un nivel bueno; solo hubo unos

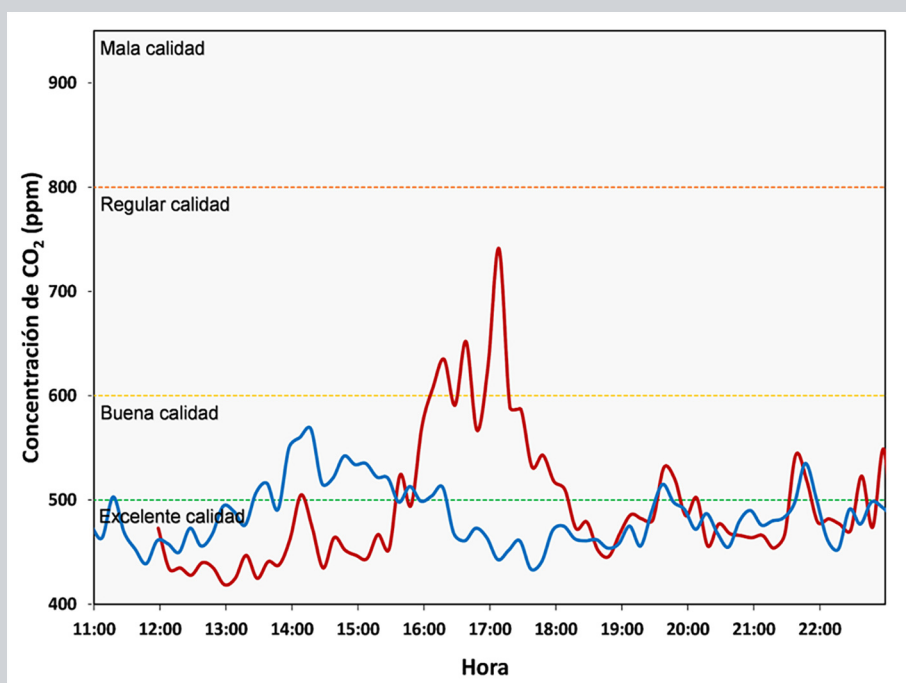


Figura 2. Resultados del monitoreo de CO₂ en un expendio de 40 m² de superficie, con una puerta de 4 m² y un ventilador de techo.

y publicado manuales que apoyan el uso de medidores de CO₂ asequibles (Jimenez, 2020).

Ahora bien, existen diversos lineamientos internacionales que orientan sobre los límites recomendados de concentración de CO₂ (ASHRAE, 2022), donde se indica que debieran estar entre 400 y 800 partes por millón (ppm). En México varias instituciones han implementado el uso de aparatos para la medición de CO₂, e incluso han participado en el desarrollo de prototipos de aparatos sencillos y de bajo costo. Además, existen iniciativas en el Congreso y de gobiernos estatales (jalisco.gob, 2021)

cumplir con los requerimientos sanitarios que establecieron las autoridades son los espacios laborales, las escuelas y los pequeños comercios, dada su gran diversidad de actividades y las condiciones existentes. Es por esto que decidimos realizar un estudio experimental de monitoreo de dióxido de carbono (CO₂) en este tipo de espacios — es decir, una medición periódica y constante — y constatar si su uso es útil para disminuir el riesgo de contagio de la Covid-19.

El principio es sencillo: la concentración de CO₂ dentro de los edificios ocupados es mayor que la del

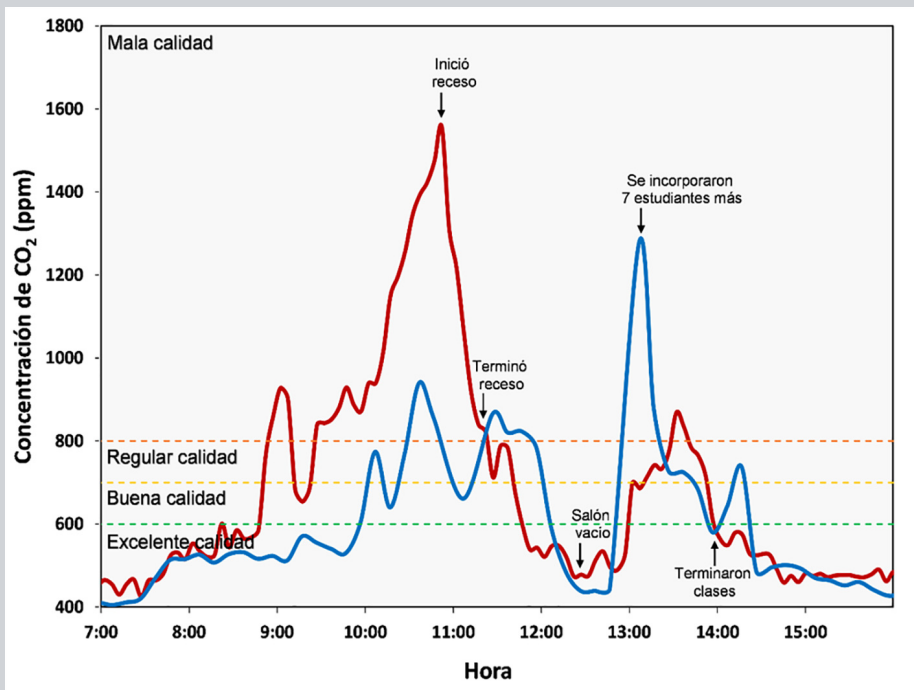


Figura 3. Resultados del monitoreo de CO₂ de dos miércoles en un salón escolar con 80 m² de superficie, con una puerta de 1.8 m² y una ventana de 1 m².

cuantos momentos esporádicos en que se tuvo una calidad regular del aire, aunque mejoró muy rápidamente. Esto se debe a que este recinto cuenta con una puerta grande y abierta todo el tiempo y tuvo un flujo constante de personas que permanecían poco tiempo al interior, además de que el ventilador permitió acelerar la salida de aire.

El segundo caso donde se realizó el monitoreo fue un salón escolar de 80 m²

de superficie, con una puerta de 1.8 m² y una ventana de 1 m² de abertura (Figura 3). El periodo escolar era de 7:30 am a 2 pm, con 15 alumnos de preparatoria y un profesor que iba cambiando en cada clase, y los dos días que se muestran son miércoles, así que los horarios y los profesores coinciden. Es importante mencionar que las autoridades escolares estaban conscientes de la importancia de la ventilación, por lo que instruyeron a sus profesores y alumnos a mantener todo el

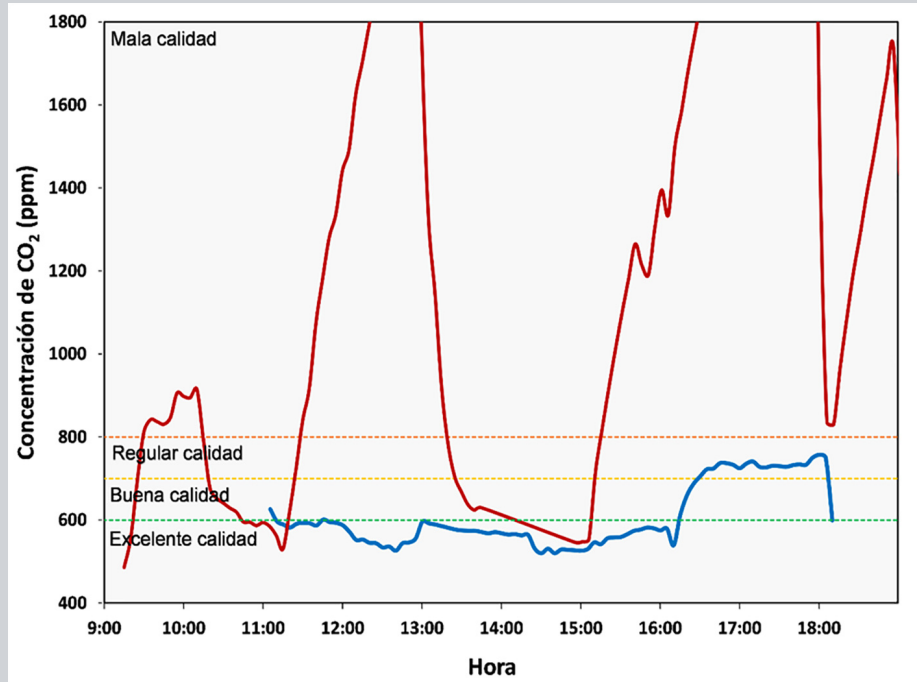


Figura 4. Resultados del monitoreo de CO₂ en un consultorio de 10.5 m² de superficie con una puerta de 1.7 m².

tiempo abiertas la puerta y la ventana. Sin embargo, en varias clases alguna o ambas aberturas se mantuvieron cerradas, y esto ocasionó que se llegaran a niveles muy altos de concentración de CO₂. Se ve claramente cómo se reduce la concentración a un valor regular o bueno durante el receso y en la clase donde el salón se vacía, y como sube muy rápidamente cuando vuelve a ocuparse el salón. Además, hubo un comportamiento diferente entre ambos días, a pesar de que las personas y el lugar no cambian, por lo que quedó muy claro que la cantidad de CO₂ acumulado depende de las condiciones existentes en cada momento y que por ello es necesario realizar un monitoreo constante, lo cual puede permitir tomar mejores decisiones y lograr mantener el valor de CO₂ por debajo de 800 ppm.

Finalmente, el último espacio monitoreado fue un consultorio de 10.5 m² con una sola puerta de 1.7 m² de abertura (Figura 4). No sorprende que en este tipo de lugares el monitoreo sea crítico, dado que los consultorios suelen ser pequeños y el aire se puede enrarecer muy rápidamente, aunque solo hayan 1 o 2 personas, ya que por cuestiones de privacidad la puerta se mantiene cerrada y solo se abre para el cambio de paciente.

¿Qué aprendimos con este estudio?

El principal aprendizaje fue que el monitoreo de CO₂ es útil y pertinente para tomar decisiones y reducir el riesgo de contagio de enfermedades respiratorias, específicamente la Covid-19, ya que la cantidad de CO₂ acumulado en los espacios puede ser un indicador de la probabilidad de contagio si hay virus presente, pero sobre todo porque esta probabilidad depende de las características de cada lugar (tamaño, nivel de ocupación, permanencia de las personas al interior, etc.) y de las condiciones existentes en cada momento.

No obstante, algo alentador es que no todos los lugares necesitan realizar este monitoreo, por ejemplo, se puede esperar que se tendrá una buena calidad del aire en los recintos con puertas grandes y abiertas todo el tiempo, como muchos locales comerciales de micro y pequeñas empresas, que cuentan con un flujo constante de personas y en donde la gente permanece poco tiempo. Sin embargo, el monitoreo es crítico en el caso de espacios pequeños que requieren

privacidad, como los consultorios, porque el aire se enrarece muy rápidamente y se llega a niveles de concentración de CO₂ muy por encima de un límite seguro.

En conclusión, la regla de oro es evitar tener aire estancado, sin ventilación o con ventilación deficiente en cualquier espacio interior, y tener especial cuidado entre más pequeño sea el lugar, mayor número de personas estén presentes o por periodos más prolongados de permanencia, ya que se tendrá mayor aumento en la concentración de CO₂ y será más crítica la necesidad de ventilación.

¿Qué medidas de ventilación podemos aplicar?

Las medidas de ventilación sugeridas son realmente simples y fáciles de aplicar:

Siempre mantener la mayor cantidad de puertas y ventanas abiertas, y de preferencia, lograr una ventilación cruzada, es decir, que las aberturas por donde ingrese el aire exterior y salga el aire interior estén ubicadas en dos paredes opuestas.

Si los niveles de concentración de CO₂ están por arriba de 1000 ppm, tratar de reducir el aforo o abandonar el recinto por algunos minutos.

Si se cuenta con medios mecánicos para mover el aire, como ventiladores de techo o de piso, mantener abierto el lugar y usarlos dirigiéndolos hacia las aberturas para asegurar el recambio continuo de aire y evitar que el aire interior solo se mezcle.

En la temporada de frío, usar ropa abrigadora y continuar con estas medidas, aunque de manera intermitente y por periodos reducidos, para evitar la incomodidad de los ocupantes.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango (COCYTED) por el financiamiento a través de la Convocatoria 2020-01 de Proyectos de Investigación Científica Aplicada ante la contingencia por COVID-19 en el Estado de Durango.

A los responsables de los recintos que amablemente aceptaron colaborar para poder realizar esta investigación y a los M.C. Jorge Alberto Escobedo Bretado y Mario Nájera Trejo por su apoyo en la instalación de los sensores de dióxido de carbono en los sitios monitoreados.

Referencias.

ASHRAE. (2022). *ASHRAE Position Document on Indoor Carbon Dioxide*. Georgia. Retrieved from https://www.ashrae.org/filelibrary/about/position_documents/pd_indoorcarbondioxide_2022.pdf

Azuma, K., Kagi, N., Yanagi, U., & Osawa, H. (2018). Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health and psychomotor performance. *Environment International*, 121(August), 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.08.059>

chihuahua.gob. Gobierno del Estado de Chihuahua. (2023). *Lineamientos de medidas preventivas*

COVID-19. Retrieved from http://www.ssch.gob.mx/rendicionCuentas/archivos/lineamientos_de_reapertura.pdf

Jalisco.gob. Gobierno del Estado de Jalisco. (2021). *Plan Jalisco para la Reactivación Económica: b de acción ante COVID-19*. Retrieved from https://coronavirus.jalisco.gob.mx/wp-content/uploads/2021/03/VA21_02_12_Jalisco_Salones_de_eventos_Protocolo_de_accion_ante_COVID.pdf

Jimenez, J. L. (2020). How to quantify the ventilation rate of an indoor space using an affordable CO₂ monitor. *Medium*. Retrieved from https://medium.com/@jjose_19945/how-to-quantify-the-ventilation-rate-of-an-indoor-space-using-a-cheap-co2-monitor-4d8b6d4dab44

Jurado, L. (2024). ¿Sabías que todos pasamos el 85% de nuestra vida dentro de edificios? Retrieved February 13, 2024, from <https://www.luisjurado.es/todos-pasamos-el-85-de-nuestra-vida-utilizando-edificios/#:~:text=Extrapolando estos resultados a un,o en actividades de ocio.>

Morawska, L., & Cao, J. (2020). Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality. *Environment International*, 139(April), 10–12. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105730>

Peng, Z., & Jimenez, J. L. (2021). Exhaled CO₂ as a COVID-19 infection risk proxy for different indoor environments and activities. *Environmental Science and Technology Letters*, 8(5), 392–397. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.1c00183>

Scudellari, M. (2020). How the pandemic might play out in 2021 and beyond. *Nature News Feature*. Retrieved from <https://www.nature.com/articles/d41586-020-02278-5>

Sinyavskaya Y, Eritsyan K, Antonova N, Sharin N. (2024). Don't say it's over: The perceived epidemic stage and COVID preventive behaviour. *Journal of Health Psychology*. doi:10.1177/13591053231222338