

La paradoja de las medidas higiénicas: ¿limpias o contaminas?¹

The paradox of hygienic measures: do you clean or pollute?

Adriana Galindo Fernández

Instituto de Enseñanza Secundaria Los Albares, Cieza, Murcia

Se pretende describir los efectos que los agentes limpiadores causan en la calidad del aire y en la salud de las personas presentes en las aulas. Se han medido los niveles de CH₂O, CO₂, COVs, temperatura y humedad tanto en una urna de metacrilato como en un aula del IES Los Albares en Cieza (Murcia). Posterior a ello, se han repetido las mediciones añadiendo plantas biodepuradoras del aire. También, se ha realizado una encuesta al personal de limpieza de instituciones públicas de Cieza para conocer el impacto de los productos de limpieza en su estado de salud. Se concluye que los niveles de CH₂O y COVs tras la acción de un agente de limpieza son excesivamente altos, llegando a medir máximos que, tras 24 horas desde su aplicación, no se llegan a estabilizar ya que se iniciaba el siguiente ciclo de limpieza. Además, se han dado altos niveles de CH₂O y COVs durante la jornada escolar debido a la desinfección de las mesas por el alumnado. Estos niveles superan los límites aconsejables de COVs (220 ppb) y de CH₂O (50 µg/m³) asociados a reacciones alérgicas o sensibilizantes. Asimismo, se observa la efectividad en la urna de las plantas biodepuradoras en la reducción de los parámetros. También, se ha comprobado que los niveles de CO₂ son independientes a la acción de los productos de limpieza. Por último, se observa indicios de una repercusión negativa de los agentes limpiadores en el estado de salud de las encuestadas, con una mayor incidencia de enfermedades respiratorias y cutáneas.

Palabras clave: Contaminación del aire, Calidad del Aire Interior (CAI), Formaldehído (CH₂O), Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) y Dióxido de carbono (CO₂).

The general objective of this research is to describe the effects of cleaning agents on air quality and accordingly, their impact on the health of the people present in the classrooms. Therefore, measurements of the levels of CH₂O, CO₂, COVs, temperature and humidity have been carried out in a methacrylate urn and in a classroom at IES Los Albares in Cieza (Murcia). Subsequently, these have been repeated with the addition of air-purification plants. In addition, cleaning workers were surveyed in Cieza to find out the impact of cleaning products on their health. It is concluded that the levels of CH₂O and COVs after the action of a cleaning agent are excessively high. Measuring maximum up to 24 hours, which cannot be stabilized as the next cleaning cycle begins. CO₂ is an independent parameter for this cause. High standards have even been achieved during the school day due to the disinfection of tables by the students. These levels exceed the recommended maximum levels of COVs (220 ppb) and CH₂O (50 µg/m³) associated with allergic or sensitizing reactions. It is reflected that the introduction of certain plants significantly reduces these pollutants. Finally, it appears that the health of the sample of the surveyed sector is negatively affected by these chemicals, with a higher incidence of respiratory and skin diseases.

Keywords: Air pollution, Indoor Air Quality (IAQ), Formaldehyde (CH₂O), Volatile Organic Compounds (VOCs) and Carbon dioxide (CO₂).

¹ Este trabajo fue seleccionado para participar en URANIA, II Congreso Navarro de Jóvenes Investigadores, celebrado en Tudela los días 13, 14 y 15 de junio de 2022.

Justificación

La contaminación atmosférica constituye un problema muy perjudicial para los seres humanos y para el medio ambiente. En el DPEJ (*Diccionario Panhispánico del Español Jurídico*) queda definida como «la presencia en la atmósfera de materias, sustancias o formas de energía que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la seguridad o la salud de las personas, el medioambiente y demás bienes de cualquier naturaleza». La OMS (Organización Mundial de la Salud, 2021) anunció que la contaminación del aire en interiores causó 3,8 millones de muertes al año de las cuales un 27% se produjo por cardiopatía isquémica, un 20% por enfermedad pulmonar obstructiva crónica, un 18% por accidente cerebrovascular, un 8% por cáncer de pulmón y un 27% por neumonía. Según la OMS (2021), más del 50% de los fallecimientos por neumonía en niños menores de 5 años se deben a la inhalación de contaminantes en interiores.

Unos dos millones de muertes suceden al año por enfermedades laborales, algunas debidas a la exposición a productos químicos (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2013). Según la OMS (2021) la mayor parte de las muertes laborales son debidas a la exposición a largas horas de trabajo y a material particulado, gases, humos y otros contaminantes. Tres sustancias son de especial interés en este trabajo:

- CH₂O (formaldehído): es un aldehído, muy volátil, inflamable y tiene un olor fuerte. Se usa como desinfectante, fungicida o germicida. Es un cancerígeno humano del grupo 1, considerado un disruptor endocrino (Agencia Internacional de Investigación contra el Cáncer [IARC], 2004).
- COVs (Compuestos Orgánicos Volátiles): son sustancias altamente volátiles e inflamables. Se pueden hallar como componentes de desinfectantes. Estos pueden producir efectos negativos en la comodidad de las personas, dificultades en el aparato respiratorio e incluso algunos se consideran carcinogénicos.
- CO₂ (dióxido de carbono): es un gas no inflamable, ligeramente ácido y a concentraciones altas puede producir dolor de cabeza, falta de concentración o incluso problemas respiratorios.

Este trabajo se enfoca en la repercusión de las medidas higiénicas en la calidad del aire interior (CAI) y en la salud del alumnado, del profesorado y del personal de limpieza. Además, se estudia si ciertas plantas pueden mejorar la CAI. Centrándose así, en cinco parámetros: CO₂, COVs, CH₂O, temperatura y humedad. Por otra parte, la pandemia de la COVID-19 ha acrecentado la preocupación por desinfectar las superficies, utilizando así, productos más contaminantes. Estos afectan a la CAI, en específico a los niveles de COVs y de CH₂O, que a su vez afectan significativamente a la salud de las personas. En esta línea, este trabajo trata un tema relevante tanto en el área medioambiental como en el ámbito de condiciones laborales. Por todo lo anterior, el interés científico del presente trabajo radica en el análisis de los efectos de las medidas higiénicas en la CAI y en la salud de las personas que estudian o trabajan en centros educativos. Además, hay estudios que muestran relaciones entre la calidad del aire y el contagio por la COVID-19 (Félix-Arellano, 2020). Cuanto peor sea la calidad del aire, así como la ventilación, es más probable que la transmisión sea más fácil, por lo que ahora ha crecido la importancia de tener controlada la CAI.

Antecedentes

Productos de limpieza y calidad del aire

De acuerdo con la OMS (2021), la mala calidad del aire, sobre todo en interiores cerrados, es la responsable de numerosas enfermedades y muertes prematuras. En promedio, se pasa alrededor del 80% del tiempo en espacios cerrados, por lo que es importante que la CAI sea óptima (Castillo, 2020). Según la EPA (Agencia de Protección medioambiental) el 72% de las personas se expone a químicos en interiores y, además, el aire interior está de 2 a 5 veces más contaminado que el exterior. Los productos de limpieza son compuestos químicos caracterizados por su pH. Se usan mayoritariamente diluidos en agua y dan su poder mojanante al agua gracias a los agentes tensoactivos que contienen. En el ámbito de la limpieza, en general, la exposición de las personas a productos químicos se produce por la inhalación de dichos productos los cuales contaminan la estancia. Pueden producir gases irritantes o tóxicos como amoníaco, disolventes, lejía, alcohol, detergentes y desinfectantes que contengan formol o glutaraldehído (Tarradellas, 2008). Los impactos en el estado de salud pueden producirse en un período corto (agudos) o a largo plazo (crónicos). Estos se agravan en estancias cerradas y sin ventilación. Los principales efectos que pueden causar en el estado de salud de las personas son (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2016):

- A. En la piel:
 - Irritación (desengrasantes, desinfectantes y detergentes).
 - Dermatitis irritativa y alérgica (detergentes).
 - Efectos corrosivos: quemaduras (desincrustantes, desengrasantes, desinfectantes y detergentes).
- B. En los ojos: irritación y lesiones oculares (desincrustantes, desengrasantes, desinfectantes y detergentes).
- C. En las vías respiratorias:
 - Irritación respiratoria (desinfectantes, desengrasantes, desincrustantes, detergentes y disolventes).
 - Asma (detergentes y fragancias).
- D. Toxicidad sistemática (abrillantadores, disolventes, desengrasantes y desincrustantes).

La fitorremediación

«La fitorremediación aprovecha la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire o en el agua como metales pesados, metales radioactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo» (Delgadillo et al., 2011, p.597). Son muchas las especies plantas que pueden efectuar una biodepuración de contaminantes (por ejemplo: *Rhododendron Indicum*, o - *Dracaena marginata Lam*).

Relación entre calidad del aire y contagio por la COVID-19

Una vía de transmisión de la COVID-19 es a través de la inhalación de aerosoles. Se distingue entre «gotas» (>5

μm) y «aerosoles» o «micro-gotas» (Minguillón et al., 2020). Las partículas de mayor grosor suelen precipitar más rápido. Por otro lado, las partículas de menor grosor permanecen en suspensión durante horas o días.

El SARS-CoV-2 es capaz de mantenerse activo mientras está formando parte de estas partículas en suspensión en el aire más de tres horas (Van Doremalen et al., 2020). Para comprobar que se hace una renovación efectiva del aire, se mide la acumulación de CO_2 . Si la cifra es elevada hay una mayor probabilidad de que si hay una persona infectada, haya más partículas infectivas del virus en el ambiente por su acumulación. Además, se sugiere que la incidencia y el riesgo de mortalidad por la COVID-19 aumentan con la exposición aguda y crónica a los contaminantes del aire, particularmente a $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} y NO_2 (Félix-Arellano et al., 2020).

Hipótesis y objetivos

Esta investigación aborda la siguiente cuestión: ¿cómo influyen las medidas higiénicas en la calidad del aire? La hipótesis de partida sostiene que los productos de limpieza afectan gravemente a la calidad del aire y, por lo tanto, al personal de limpieza, al alumnado y al profesorado. El objetivo general consiste en determinar los efectos de las medidas higiénicas en la calidad del aire de las aulas y en el estado de salud de las personas. Así, los objetivos específicos son:

1. Medir los niveles de temperatura, humedad, CO_2 , CH_2O y COVs en las aulas del IES Los Albares a lo largo de la jornada escolar y tras la limpieza.
2. Analizar la forma en la que afectan los productos de limpieza a los niveles de CO_2 , CH_2O y COVs y comprobar si se reducen con la implantación de una selección de plantas depuradoras del aire.
3. Conocer los efectos de los agentes limpiadores en el estado de salud del personal de limpieza de instituciones públicas de Cieza (Murcia).

Metodología

Se trata de una investigación de enfoque cuantitativo con un alcance descriptivo y método de recogida de datos mixto. Asimismo, se emplearon tres instrumentos:

- a. Datos. Se midieron los niveles de humedad, temperatura, COVs, CH_2O y CO_2 tras el uso de un mismo producto de limpieza. En primer lugar, se realizaron dentro de una urna cerrada de metacrilato de 64 dm^3 en el laboratorio de física y química del IES Los Albares. El tiempo entre un experimento y otro lo determinaba la estabilidad de los niveles de COVs y de CH_2O para conseguir que no quedasen restos acumulados de producto en la urna con el fin de obtener una mayor fiabilidad. Se dejaba un día la urna abierta limpiada con agua entre una medición y otra. Luego se repitió introduciendo plantas en la urna. Se emplearon cuatro plantas: *Kalanchoe thyrsiflora* (P1), *Epipremnum aureum* (P2), *Dracaena trifasciata* (P3), *Hoya carnososa* (P4). El dispositivo se dispuso en el aula EO2 del instituto IES Los Albares. La estancia posee cuatro ventanas dobles, 145 m^3 y no cuenta con ventilación artificial. El dispositivo se ubicó alejado de las fuentes de renovación del aire.

Las mediciones se llevaron a cabo del 8 al 29 de octubre de 2021.

- b. Entrevista. Se realizó una entrevista a Ana Ruiz Ilundain, graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales y tiene un Máster en Ingeniería Industrial. Además, trabaja en la empresa InBiot Monitoring como gerente de proyectos
- c. Encuesta. Se efectuó al personal de limpieza de estancias públicas de Cieza (Murcia) para determinar los efectos de los agentes limpiadores en su salud, una muestra de 20 mujeres. La encuesta realizada dirigida al personal de limpieza de centros públicos en Cieza (Murcia) quedó abierta desde el 25 de marzo hasta el 15 de junio de 2021. El fin de esta era determinar los efectos de los productos higiénicos en el estado de salud.

El dispositivo usado en las mediciones es un monitor de CAI llamado *Mica Wall* que proviene de la empresa InBiot Monitoring SL. Este dispositivo mide los siguientes parámetros: CO_2 , CH_2O , CO, COVs, $\text{PM}_{1.0}$, $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} , temperatura exterior e interior y humedad exterior e interior. Este deposita los datos en una página web. Además, el aparato posee LEDs de iluminación de estado.

Resultados

Las Figuras 7, 8 y 9 muestran tres tomas sin plantas (media) y dos mediciones (media) con tres especies de plantas distintas. Respecto a los resultados con un conjunto de plantas (P2, P3 y P4) y sin ellas, en todos los niveles de los contaminantes se da una disminución, destacando significativamente la de CH_2O (Figura 7) y COVs (Figura 8). Se aprecia una disminución de CO_2 , pero no es tan relevante como los anteriores parámetros (Figura 9).

Se aprecian los resultados en el aula EO2 sin plantas. La limpieza se realiza con el aula abierta y con productos como SIL-MAR White Friegasuelos, amoniacal o vinagre de limpieza. Tras la finalización de la limpieza, las aulas quedan cerradas.

En la gráfica de CH_2O (Figura 10) se evidencia el problema de escala. Como los máximos están cercanos a $6200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y los niveles que no se debería sobrepasar son los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que ya es una pobre CAI, cualquier máximo relativo de la jornada escolar ya está sobrepasando esta cantidad. Durante la jornada escolar surgen máximos relativos debido a la desinfección de las mesas y estos no se terminan de estabilizar hasta pasada una hora. Superan diez veces la cantidad aconsejable ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Tras la limpieza aparece el máximo absoluto que alcanza hasta los $6250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (límite del dispositivo). En el caso concreto de este día no se llegaron a estabilizar los niveles ya que antes de ofrecer esa oportunidad se iniciaba otro ciclo de limpieza. Es de gran relevancia que a las 8:30 del siguiente día permanecía una mala CAI.

En cuanto a los niveles COVs (Figura 11), siendo no recomendable superar las 220 ppb, se aprecia la misma situación, aunque poseen una escala diez veces mayor que la de CH_2O . Los incrementos surgidos durante la jornada escolar alcanzan hasta las 6000 ppb, superando en 27 veces las 220 ppb establecidas. En cuanto actúan los agentes limpiadores se sobrepasa las 60000 ppb (límite del dispositivo), siendo 272 mayor que el máximo aconsejable.

Respecto a la gráfica de CO_2 (Figura 12) se aprecia una inestabilidad de los niveles durante la jornada escolar y esta proporcionaría información sobre la ocupación o

ventilación del aula. Estos niveles van disminuyendo cuando finaliza la jornada lectiva y aumentan con el inicio de las clases el día posterior.

En las Figuras 13 y 15 se muestran, en el día 21, máximos relativos de COVs y CH₂O durante la jornada escolar debido a la desinfección de las mesas por los estudiantes. Ambos contaminantes presentan un comportamiento similar. En primer lugar, hasta las 8:40 hay una mala CAI debido a la limpieza del día anterior. Luego, a las 9:30 se produce un máximo relativo de una duración de 22 minutos debido a la desinfección de las mesas antes de ser ocupadas. A las 11:30 hay otro que supera, en el caso del CH₂O, el nivel fuertemente significativo y en el caso de los COVs, el nivel no recomendado en exposición continua durante 1 mes. Estos niveles no se llegan a estabilizar, surgiendo a las 18:30 el máximo absoluto debido a la limpieza diaria. Los niveles de CH₂O llegan a alcanzar los 6245 µg/m³, superando 62 veces el nivel extremadamente significativo de 100 µg/m³. Los niveles de COVs alcanzan las 60000 ppb superando en 27 veces los niveles insalubres. Estos altos niveles perduran hasta las 10:22 del día siguiente. Es decir, hay niveles insalubres durante 16 horas. A partir de las 11:20 del día posterior se aprecia un máximo relativo con una duración de una hora. Otro más sucede a las 12:47 que tarda 1 hora y 13 minutos en estabilizarse. A las 14:40 los niveles de COVs y CH₂O van aumentando hasta que llegan a las 2400 ppb (nivel insalubre) y a los 214 µg/m³ (duplicando el nivel extremadamente significativo), respectivamente.

Como se aprecia en la Figura 17 y 18, los niveles de CO₂ son independientes a los productos de limpieza. Estos dependen de factores como el número de personas, la ventilación proporcionada o el movimiento del alumnado. De esta forma, solo se han detectado dos máximos por encima del nivel significativo en el día 21 (Figura 17). El primer incremento se da a las 11:51 y baja de las 1500 ppm media hora más tarde. El segundo, toma lugar a las 19:17 y no se estabiliza hasta pasados cuarenta minutos.

En la encuesta queda reflejado que dos tercios de las encuestadas utilizan agentes de limpieza más agresivos a raíz de la situación pandémica. Un 22% bien sigue utilizando los mismos o bien similares. Además, dos tercios de las encuestadas confirman que tardan en limpiar una estancia entre 15 y 30 minutos. En cambio, el tercio restante tarda más de una hora y media.

Los resultados de la encuesta muestran que, de las enfermedades propuestas, las más comunes son: la dermatitis irritativa con un 39% de afectadas, el asma con un 38% y la faringitis con un 33%.

También, se aprecia que una gran parte sufre molestias como picor en los ojos, en la nariz, en la garganta, tos, lagrimeo e irritación de la piel.

Además, se han recogido los distintos productos utilizados por las encuestadas.

Conclusiones

Los niveles de los contaminantes tras la limpieza excepto los de CO₂ son extremadamente altos y preocupantes. En las mediciones realizadas durante la jornada escolar se muestran máximos relativos originados por la desinfección de las mesas al inicio de las clases. Como mínimo habría que esperar una hora para que el estudiante no se viese afectado por estos contaminantes. Se le añade la contaminación de la limpieza diaria, midiendo

máximos de hasta 24 horas (26 de octubre de 2021). Se ha demostrado grandes incrementos de CH₂O y COVs a raíz de la limpieza prácticamente insalubres. Para amortiguar estos efectos negativos de los productos desinfectantes se ha comprobado que es efectivo el uso de plantas junto con una buena ventilación. Todas las plantas utilizadas en la urna son eficaces para la reducción de los parámetros tóxicos.

Atendiendo a los resultados, no es seguro entrar en un aula inmediatamente después de haber sido limpiada. Aunque esta información, puede variar dependiendo de factores como el agente limpiador o la ventilación proporcionada. Los datos evidencian la necesidad de controlar la CAI, reflejándose la alta necesidad en las aulas de una monitorización continua de CH₂O, COVs y CO₂.

Tras preguntar por el estado de salud del personal de limpieza de estancias públicas de Cieza, hay indicios de que los productos desinfectantes repercuten negativamente en ella con una mayor incidencia de enfermedades respiratorias y cutáneas. Sobre todo, se puede comprobar una gran afeción al confort de las limpiadoras. El uso de sustancias muy tóxicas como las pastillas de cloro junto con la duración de la toxicidad en el aire hace que estén expuestos desde prácticamente la aplicación del producto hasta varias horas después. En línea con lo anterior, se ha llegado a medir niveles de toxicidad no recomendables en exposición continua desde el primer minuto tras el uso de un agente limpiador hasta 24 horas más tarde, sin conceder la oportunidad de estabilización de los niveles ya que se iniciaba el siguiente ciclo de limpieza.

Esto muestra la necesidad de limpiar con productos menos tóxicos conduciendo así a una mejora de la CAI. Se debería estudiar con mayor profundidad los productos que se asignan al personal público de limpieza de estancias públicas de Cieza ya que esto no solo afecta a su estado de salud, sino a la de las personas que acceden durante o después de la acción de agentes limpiadores.

Como en anteriores estudios, estos resultados indican que las plantas pueden desempeñar un relevante papel en la eliminación de sustancias químicas orgánicas del aire interior. De acuerdo con los resultados obtenidos por la NASA (Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio) en su «Estudio de plantas de paisaje interior para la reducción de la contaminación del aire interior», la *Dracaena Trifasciata* conocida como «lengua de suegra» es capaz de reducir significativamente los niveles de formaldehído (NASA, 1989). Un estudio, corrobora el hecho de la reducción de CH₂O y CO₂ con ciertas plantas como la especie *Epipremnum aureum* comúnmente conocida como «potus», «pothos» o «potos» (Chaudet y Boixiere, 2009, citado en Pedraza, 2015). Además, hay estudios que manifiestan las repercusiones en el personal de la limpieza debido a las medidas higiénicas (Serrano et al., 2006).

Los datos obtenidos en la urna y en el aula no son comparables entre sí debido a una diferente controlabilidad. Además, en el aula pueden afectar diversos factores teniendo en cuenta aspectos como la forma de limpiar y el número de personas presentes en un aula por lo que los datos presentan cierta variabilidad. Por ello, solo se han tenido en cuenta las mediciones en el aula sin plantas. Esto se refleja, por ejemplo, en la disminución de CO₂ en la hora del recreo y en un posible aumento cuando entran alumnos tras una actividad física o cuando se ve incrementado el movimiento de alumnos en el aula. A pesar de ello, este trabajo es de alcance descriptivo por lo que no

tiene la obligación de detallar estas causas. La importancia radica en saber cuándo es seguro acceder a un aula.

Bibliografía

- Administración Internacional de Aeronáutica y del Espacio [NASA]. (1989, 15 de septiembre). *Estudio de plantas de pasaje interior para la reducción de la contaminación del aire interior*. Recuperado de: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19930073077/downloads/19930073077.pdf>
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos [EPA] (s.f). *Impacto de los compuestos orgánicos volátiles en la calidad del aire interior*. Recuperado de: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality>
- Agencia Internacional de Investigación contra el Cáncer [IARC]. (2004, 2-9 June). *Formaldehído, 2-butoxi-etanol y 1-terc-butoxi-propan-2-ol*. Recuperado de: <https://publications.iarc.fr/106>
- Alcamí, A., del Val, M., Hernán, M., Latassa, P., Jiménez, J. L., Querol, X., Roubustillo, A., Sánchez, G., Valencia, A. (2020). Informe científico sobre vías de transmisión SARS-CoV-2. Informe del CSIC. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.20350/digitalCSIC/12692>
- Baubiologie MAES Institut für Nachhaltigkeit IBN SBM (2015) *Valores indicativos en Baubiologie para las zonas de descanso*. Recuperado de: https://www.carlessuria.com/wp-content/uploads/2018/09/SBMvalores_2015rev.pdf
- Castillo, D. L. (2020). *Sistema de biofiltro con materiales orgánicos para restablecer la calidad del aire interior*. Tesis Doctoral. Universidad de La Gran Colombia. Recuperado de: <https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5686/Sistema%20de%20biofiltro%20con%20materiales%20organicos%20.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Chaudet, G., y Boixiere, A. (2009) *Plantas descontaminantes*. Barcelona: Sello France-Loisirs.
- Delgadillo-López, A. E., González-Ramírez, C. A., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J. R., y Acevedo-Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(2), 597-612.
- Félix-Arellano E.E., Schilman A., Hurtado-Díaz M., Texcalac-Sangrador J.L., y Riojas-Rodríguez H. (2020) Revisión rápida: contaminación del aire y morbimortalidad por Covid-19. *Salud Pública México*, 62(5). 582-589.
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo Salud [INSST] (2016). *Limpieza de edificios y locales: exposición a los agentes químicos utilizados*. Recuperado de: <https://www.who.int/es/news/item/25-03-2014-7-million-premature-deaths-annually-linked-to-air-pollution>
- Jones, R. M., y Brosseau, L. M. (2015). Aerosol transmission of infectious disease. *Journal of occupational and environmental medicine*, 57(5), 501-508.
- Kemper, K., Sameh, W. (2 de noviembre 2020). Mejorar la calidad del aire: enseñanzas extraídas de tres ciudades. Recuperado de <https://blogs.worldbank.org/es/voices/mejorar-la-calidad-del-aire-ensenanzas-extraidas-de-tres-ciudades>
- Millán Huánuco, I. F., y Llallico Puchoc, R. R. (2018). *Nivel de Conocimiento de Productos de Limpieza Tóxicos Utilizados por el Personal no Docente de una Universidad Privada del Distrito de Huancayo*. Tesis Doctoral. Universidad Franklin Roosevelt. Recuperado de: <https://repositorio.uroosevelt.edu.pe/bitstream/handle/ROOSEVELT/109/IN-FORME%20FINAL%20TESIS%20MILLAN%20c%20LLALICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Minguillón, M. C., Querol, X., Alastuey, A., Moreno, N., Viana, M., Moreno, T., y Jiménez, J. L. (2020). Emisión y exposición a SARS-CoV-2 y opciones de filtración. Informe del CSIC. Recuperado de: <https://digital.csic.es/handle/10261/210383>
- Núñez López, R. A., Vong, Y. M., Borges, R. O., y Olguín, E. J. (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Revista Ciencia*, 69-83.
- OIT. (2013, 26 de abril). *OIT urge a una acción mundial para combatir las enfermedades profesionales*. [Comunicado de prensa]. Recuperado de: https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/news/WCMS_21645/lang-es/index.htm
- Organización Mundial de la Salud [OMS] y Organización Internacional del Trabajo [OIT]. (2021). *WHO/ILO joint estimates of the work-related burden of disease and injury, 2000-2016: global monitoring report*. Geneva, CH: World Health Organization and the International Labour Organization
- Organización Mundial de la Salud [OMS] (2021, 20 de septiembre). *Calidad del aire y salud*. Recuperado de: <https://www.who.int/es/news/item/25-03-2014-7-million-premature-deaths-annually-linked-to-air-pollution>
- Pedraza, J. L. (2015). La biodepuración del aire con plantas purificantes y ornamentales, como alternativa ambiental en el siglo XXI. Tesis Doctoral. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado de: <https://repositorio.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3767/PedrazaOrtiz-LadyJohana2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guardino Solá, X., Solá, X. G., Crump, D., Berenguer, M. J., Hoffmann, D., Wynder, E. L., ... Y Flannigan, B. (1998) Calidad del aire interior. Riesgos Generales. *Enciclopedia de la salud y seguridad en el trabajo*. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1(44), 1-33. Recuperado de: <https://www.jmcprl.net/OIT%20completa/44.pdf>
- Van Doremalen, N., Bushmaker, T., Morris, D. H., Holbrook, M. G., Gamble, A., Williamson, B. N., ... Y Munster, VJ (2020). Estabilidad de aerosol y superficie de SARS-CoV-2 en comparación con SARS-CoV-1. *The New England Journal of Medicine*, 382(16), 1564-1567.
- Wiki.Inbiot (s.f.) Compuestos Orgánicos Volátiles – COVs. Recuperado de: <https://wiki.inbiot.es/covs/>

Fecha de recepción: 11 de noviembre de 2021

Fecha de aceptación (provisional): 14 de diciembre de 2021

Fecha de aceptación (definitiva): 1 de julio de 2022

Figura 7. Niveles de CH_2O ($\mu g/m^3$) en la urna cerrada sin plantas y con P2, P3 y P4

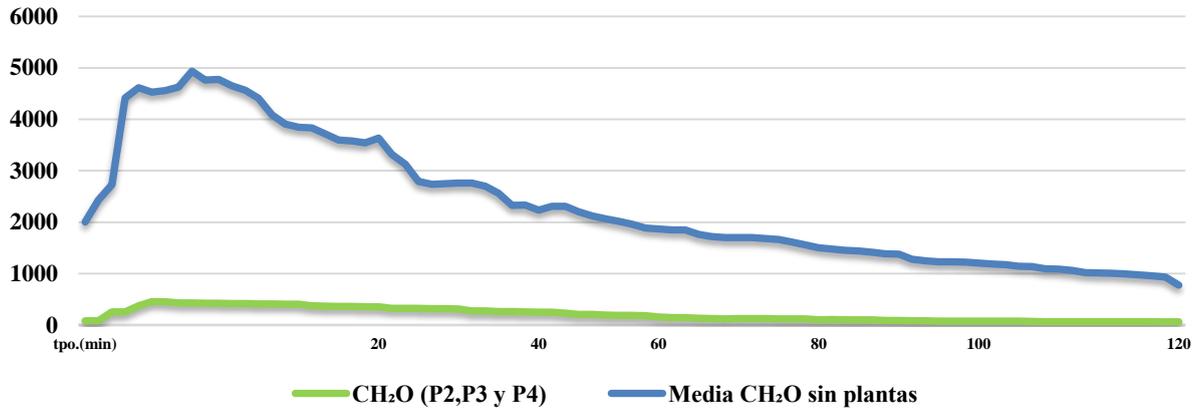


Figura 8. Niveles de COVs (ppb) en la urna cerrada sin plantas y con P2, P3 y P4

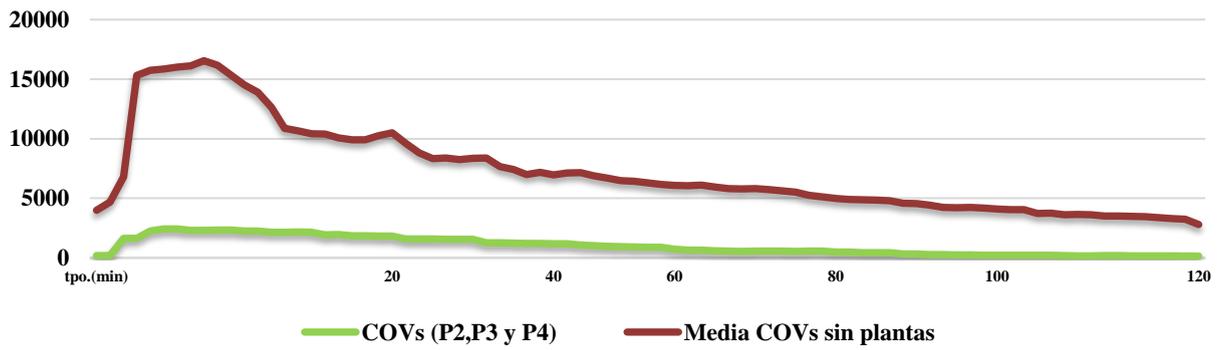


Figura 9. Niveles de CO_2 (ppm) en la urna cerrada sin plantas y con P2, P3 y P4

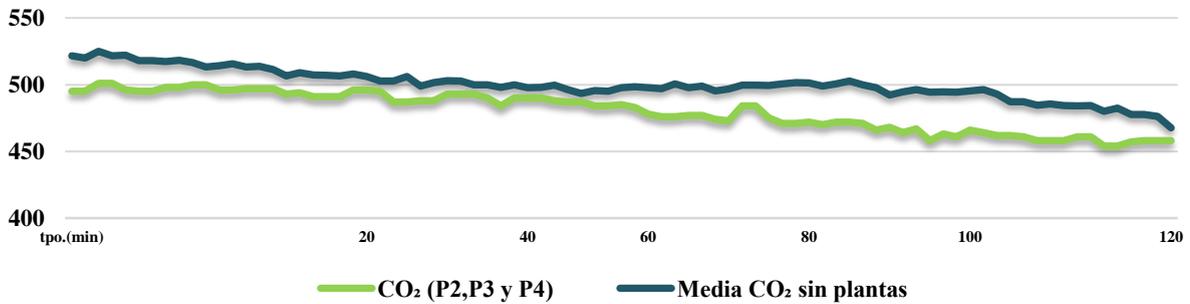


Figura 10. Niveles de CH_2O ($\mu g/m^3$) en el aula cerrada sin plantas

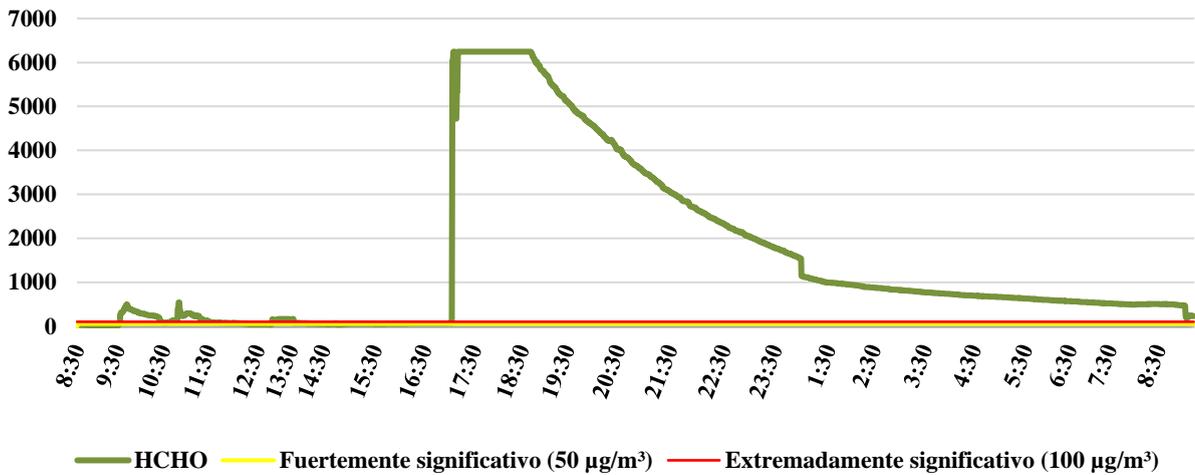


Figura 11. Niveles de COVs (ppb) en el aula cerrada sin plantas

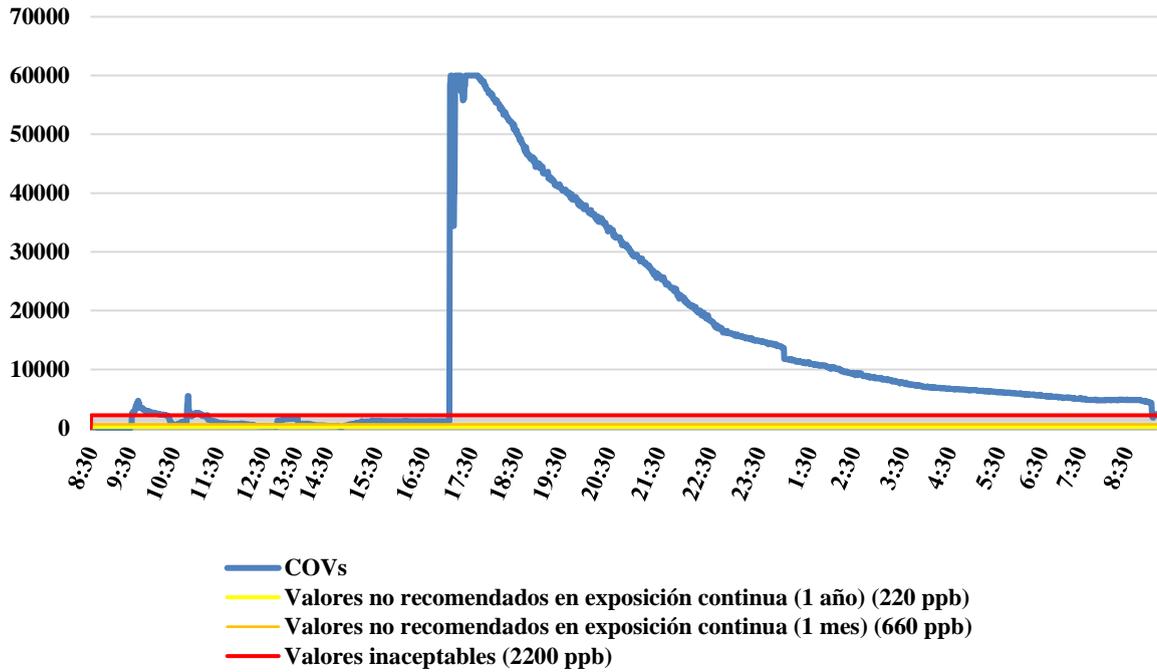


Figura 12. Niveles de CO₂ (ppm) en el aula cerrada sin plantas

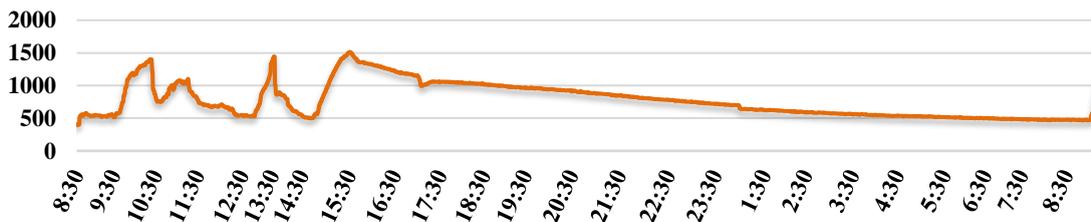


Figura 13. Niveles de formaldehído día 21 (µg/m³)

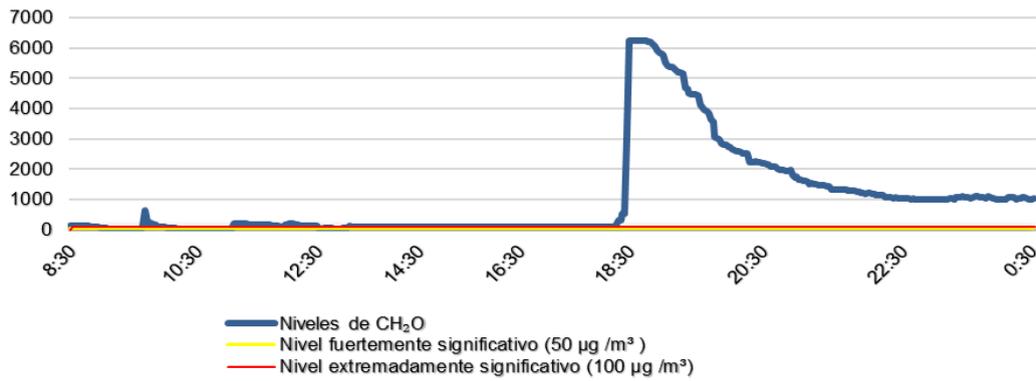


Figura 14. Niveles de formaldehído día 22 (µg/m³)

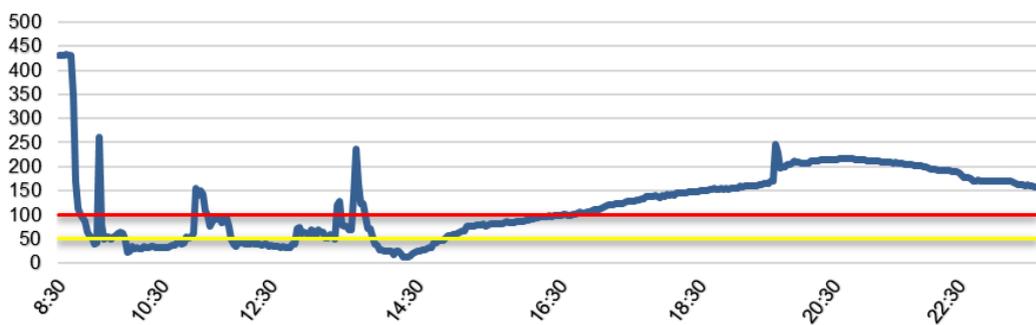


Figura 15. Niveles de COVs día 21 (ppb)

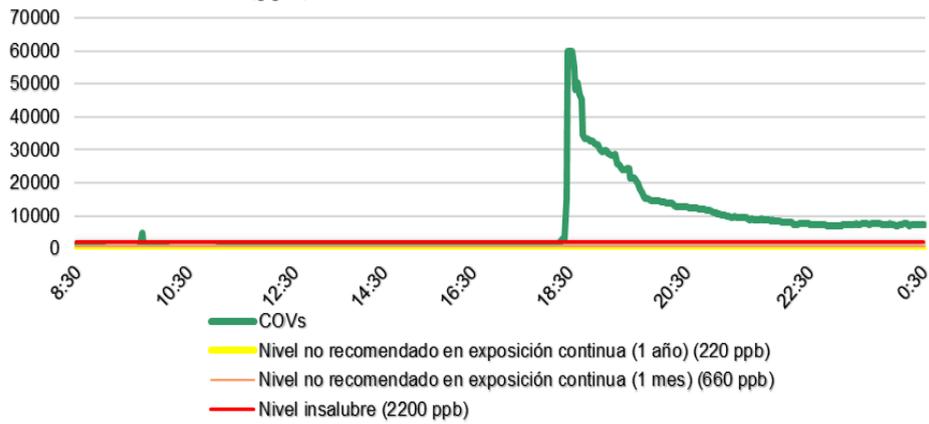


Figura 16. Niveles de COVs día 22 (ppb)

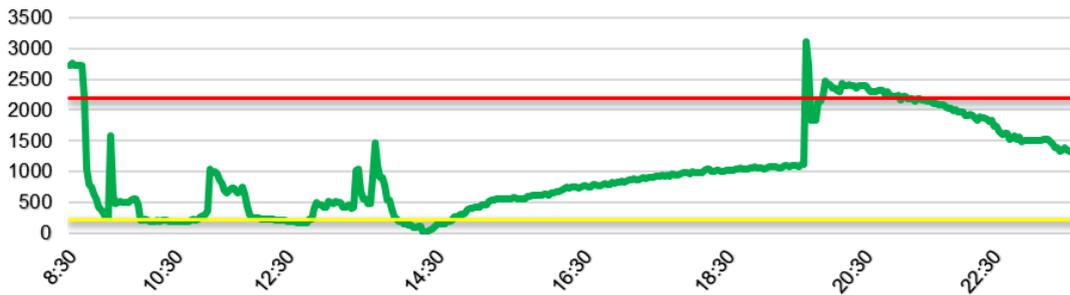


Figura 17. Niveles de CO₂ día 21(ppm)

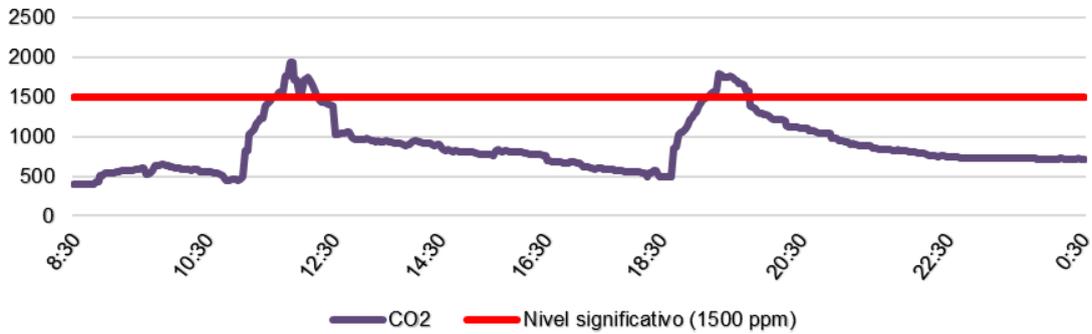


Figura 18. Niveles de CO₂ día 22(ppm)

