

Domínguez-Castellanos, Luisa C.<sup>1</sup>  
Macías, Alejandro E.<sup>1</sup>

## Hacia un concepto moderno de asepsia: lecciones de la pandemia de COVID-19

## Towards a modern concept of asepsis: lessons from the COVID-19 pandemic

Fecha de aceptación: septiembre 2025

### Resumen

El concepto actual de asepsia nos remite al conjunto de procedimientos destinados a mantener la ausencia de microorganismos en un sitio donde puedan causar enfermedad, especialmente durante procedimientos médicos o quirúrgicos. Los trabajos de Luis Pasteur consolidaron la teoría microbiana de la enfermedad, y José Lister fundamentaría su aplicación en cirugía, de donde posteriormente se amplió a todo servicio médico, de manera que la medicina moderna concibe la asepsia no sólo como una técnica operatoria, sino como una filosofía de cuidado basada en la prevención de infecciones. Sin embargo, si bien los conceptos de higiene y asepsia consideran la necesidad de la limpieza y las conductas para evitar las transmisiones por contacto directo e indirecto, hemos tenido en un limbo la necesidad de respirar aire limpio, como se demostró con la pandemia de COVID-19, que se transmitió casi exclusivamente a través del aire, por aerosoles. Por ello hoy debemos reconocer la importancia de respirar aire limpio como parte integral de la higiene y la asepsia. Esto implica adoptar medidas para mejorar la calidad del aire interior, como la ventilación adecuada y el uso de filtros de aire o de equipos para la inactivación de potenciales patógenos. En el futuro habremos de incorporar a nuestras prácticas el uso de subalternos de la calidad del aire, como el monitoreo con equipos de mediciones de partículas de dióxido de carbono. En fin, el concepto de asepsia debe evolucionar hacia una noción más amplia del entorno saludable, donde la protección de los pacientes y del personal incluya también garantizar un aire limpio para respirar.

**Palabras clave:** Asepsia, COVID-19, medición de CO<sub>2</sub>, higiene.

### Abstract

Current concept of asepsis refers to the procedures aimed at maintaining the absence of organisms in a site where they can cause disease, especially during medical or surgical procedures. The works of Louis Pasteur consolidated the germ theory of disease, and Joseph Lister based its application in surgery, from where it was later extended to all medical services. Modern medicine thus conceives asepsis not only as an operative technique but as a philosophy of care based on infection prevention. However, while the concepts of hygiene and asepsis consider the need for cleanliness and behaviors to avoid transmission through direct and indirect contact, the need to breathe clean air has been in limbo, as demonstrated by the COVID-19 pandemic, which was transmitted almost exclusively through the air, over aerosols. That is why today we must recognize the importance of breathing clean air as an integral part of the hygiene and asepsis. This involves adopting measures to improve indoor air quality, such as adequate ventilation and the use of air filters or equipment to inactivate potential pathogens. In the future, we will need to incorporate the use of air quality proxies into our practices, such as monitoring with carbon dioxide particle measurement equipment. Ultimately, the concept of asepsis must evolve toward a broader notion of a healthy environment, where the protection of patients and staff also includes ensuring clean air to breathe.

**Keywords:** Asepsia, COVID-19, CO<sub>2</sub> measurement, hygiene.

<sup>1</sup>Departamento de Medicina, Universidad de Guanajuato, México  
Correspondencia: Dr. Alejandro E. Macías  
Departamento de Medicina, Universidad de Guanajuato. 20 de

Enero 929, C.P. 37000, León, Guanajuato, México  
Correo electrónico: aaeemmh@yahoo.com

## Antecedentes

Los conceptos de higiene y asepsia se desarrollaron a partir del siglo XIX en Europa derivados de la teoría microbiana de la enfermedad. A pesar de que son conceptos antiguos y de entendimiento elemental para cualquier trabajador de la salud, sorprende que hoy existan profesionales con ideas equivocadas y desconocimiento del significado de los términos alrededor de la asepsia y sus herramientas. Por eso, conviene iniciar por las definiciones.

La higiene es el conjunto de conductas y prácticas de limpieza que favorecen el mantenimiento de la salud. Aunque el objetivo final de la higiene es reducir el riesgo de enfermedades, estamos acostumbrados también a evitar la percepción de disgusto que puedan brindar las personas y los ambientes, procurando la ventilación, la eliminación de olores, el cuidado corporal y un cierto atractivo visual. De hecho, muchas conductas higiénicas son naturales en las personas (y hasta en algunos animales), por lo que nacieron teorías sobre rituales de purificación, evitar los miasmas, separar los desechos y canalizar las excretas. Así, el comportamiento higiénico y el asco podrían preceder a la cultura.<sup>1,2</sup>

La asepsia es una ampliación de la higiene, que generalmente se aplica en los servicios de salud o de cuidados crónicos de personas. El término derivó en un principio del uso de sustancias químicas para evitar la infección de heridas, pero con el paso de las décadas se amplió a evitar todo tipo de infecciones.<sup>3</sup> Así, podríamos decir que actualmente la asepsia es el conjunto de procedimientos destinados a mantener la ausencia de microorganismos en un área donde puedan causar enfermedad, especialmente durante procedimientos médicos o quirúrgicos. Además de las conductas, la asepsia tiene herramientas para prevenir infecciones que incluyen la antisepsia, la desinfección y la esterilización.

Antisepsia se define como la aplicación de agentes químicos (antisépticos) sobre superficies vivas, como piel o mucosas, con el objetivo de destruir o inhibir el crecimiento de microorganismos, sin dañar los tejidos. A diferencia de la desinfección, que también puede ser física (irradiación o calor), la antisepsia siempre es química.<sup>4</sup> Por otra parte, desinfección es el proceso mediante el cual se eliminan la mayoría de los microorganismos (excepto esporas bacterianas) de objetos inanimados, utilizando agentes químicos o físicos. Existen diferentes niveles: alto, intermedio y bajo, según el espectro de microorganismos eliminados, pero incluso la desinfección de alto nivel no puede garantizar la eliminación de esporas. Finalmente, esterilización es el proceso que destruye o elimina todas las formas de vida microbiana, incluidas esporas bacterianas, en un objeto o superficie inanimado. Se logra mediante métodos físicos (calor, vapor, radiación) o químicos, como óxido de etileno o peróxidos.<sup>4,5</sup>

## Historia y evolución del concepto de asepsia

Hasta mediados del siglo XIX predominaban teorías como la *miasmática*, que atribuía las enfermedades infecciosas (llamadas entonces "zímóticas") a los aires o vapores putrefactos. No fue sino hasta los trabajos de Luis Pasteur cuando se consolidó la teoría microbiana de la enfermedad, que

demonstró que los microorganismos eran los responsables, esto sentó las bases científicas sobre las que más tarde el cirujano británico Joseph Lister fundamentaría la antisepsia quirúrgica.<sup>6</sup> Lister observó una reducción drástica en las infecciones posoperatorias, con una disminución de la mortalidad de 45 a 15% en cirugías abiertas.<sup>7</sup> No obstante, las técnicas de Lister resultaban incómodas y, en ocasiones, dañinas para los tejidos, ya que usaban fenol que irritaba la piel de los cirujanos y los pacientes, y su aplicación constante generaba vapores tóxicos. Los antisépticos tuvieron que evolucionar hacia químicos eficaces y menos irritativos. A finales del siglo XIX la cirugía experimentó una transición gradual de la antisepsia química hacia la asepsia, que busca evitar que los potenciales patógenos entren en contacto con el campo quirúrgico o la herida.

Poco después se introdujeron las técnicas físicas de esterilización del material inerte. En 1881, Robert Koch desarrolló el concepto de esterilización por calor húmedo, y Ernst von Bergmann introdujo la esterilización por vapor mediante autoclave, lo que permitió eliminar completamente los patógenos de los instrumentos quirúrgicos.<sup>8</sup> El establecimiento de los campos quirúrgicos estériles fue otro avance esencial. A finales del siglo XIX los cirujanos comenzaron a delimitar el área de intervención utilizando lienzos previamente esterilizados para crear una barrera física entre la herida y las zonas potencialmente contaminadas. Esta práctica redujo la incidencia de contaminación cruzada y consolidó el concepto de campo operatorio cerrado y protegido.<sup>9</sup>

Uno de los aportes más influyentes en la consolidación del concepto de asepsia fue la introducción de los guantes quirúrgicos estériles. En 1890, William Halsted, cirujano del Johns Hopkins Hospital, solicitó a la compañía Goodyear la fabricación de guantes de goma fina para proteger las manos de su enfermera Caroline Hampton, quien desarrollaba dermatitis por la exposición a desinfectantes. Sin embargo, Halsted pronto notó que los guantes también reducían las infecciones en los pacientes, así se convirtió en una medida estándar de protección doble: para el profesional y el enfermo.<sup>10</sup>

Durante el siglo XX el principio de asepsia trascendió el ámbito quirúrgico para abarcar todos los procedimientos clínicos. La medicina moderna concibe la asepsia no sólo como una técnica operatoria, sino como una filosofía de cuidado basada en la prevención de infecciones. Así, prácticas que van desde tocar a los pacientes hasta la inserción de catéteres venosos, sondas urinarias o curaciones de heridas requieren el cumplimiento estricto de las normas de asepsia clínica.<sup>11</sup>

Actualmente la asepsia se apoya en la evidencia científica derivada de estudios sobre la colonización bacteriana, la transmisión por fómites, la resistencia antimicrobiana y las tasas de infección. Las guías internacionales recomiendan una aplicación estandarizada del "principio aséptico" sustentado en la higiene ambiental, el manejo seguro de materiales y la educación continua del personal sanitario.<sup>12</sup>

La evolución del concepto de asepsia refleja uno de los mayores logros de la medicina. Desde las primeras aspersiones de fenol de Lister hasta los actuales sistemas de esterilización automatizada y las salas de cirugía con flujo laminar, el principio que permanece inmutable es el

respeto por la prevención de infecciones. La asepsia no sólo es una técnica: es una manifestación de la ética médica, del compromiso con la vida y del reconocimiento del riesgo que representan los microorganismos. Sin embargo, si bien los conceptos de higiene y asepsia consideran la necesidad de la limpieza y las conductas para evitar las transmisiones por contacto, hemos tenido en un limbo la necesidad de respirar aire limpio, con menos aerosoles, como se demostró con la pandemia de COVID-19.

### La pandemia de COVID-19 y sus lecciones sobre la transmisión

La pandemia de COVID-19 nació en Wuhan y fue un parteaguas en el entendimiento de los mecanismos de transmisión de las enfermedades respiratorias. El cuadro clínico fue similar al de las variantes del primer brote de SARS y el síndrome respiratorio del Medio Oriente. Sin embargo, COVID-19 fue más eficiente en su transmisión, además de su relativa menor virulencia, con una resultante menor letalidad.<sup>13</sup> En los inicios de la pandemia se insistió mucho en prevenir la transmisión por el contacto, que obligaban a usar trajes de Tyvek MR, DuPont, USA), pero la evidencia mostró que la inmensa mayoría de los casos se transmitieron por aerosoles en circunstancias de encierro y mala ventilación.

El estudio de brotes iniciales en una epidemia resultó de gran importancia para el entendimiento del mecanismo casi exclusivo de transmisión aérea a larga distancia de COVID-19. En marzo de 2020 tuvo lugar un brote de COVID-19 en un *call center* de Seúl, Corea del Sur, en un edificio de 19 pisos con comercios y residencias. El brote comenzó con la transmisión asintomática e infectó a 93 (43%) de los 216 empleados del piso 11, pero hubo tres casos en el piso 10 y uno en el piso 9. En el resto del edificio no hubo casos adicionales, a pesar de que los habitantes y visitantes compartían las mismas superficies de toque, como elevadores, y acudían a los mismos comercios de los pisos inferiores, por lo que la transmisión por contacto directo o indirecto era poco plausible. Por otro lado, este incidente subrayó la importancia de la transmisión asintomática por vía aérea y la necesidad de medidas preventivas rigurosas en lugares de trabajo y en espacios cerrados.<sup>14,15</sup>

En enero de 2020 en China sucedió un brote de COVID-19 entre 126 budistas que viajaron al templo en dos autobuses idénticos, con 59 participantes en el autobús número 1 y 67 en el autobús 2. Provenían de la ciudad de Ningbo, localizada al este de Wuhan. Antes de enero de 2020 no había casos de COVID-19 reportados en esa área. El viaje redondo en el autobús duró 100 minutos, todos los pasajeros conservaron su lugar en los dos momentos del viaje. La ceremonia budista duró 150 minutos. Ninguno de los asistentes usó cubrebocas u otra medida de prevención. En este brote fue posible identificar al paciente índice, que había tenido exposición directa con residentes de Wuhan. El paciente índice desarrolló síntomas iniciales poco después de regresar de la visita al templo y requirió hospitalización. Entre los pasajeros del autobús 2, que incluía al paciente índice, 24 (35.3%) dieron positivo a COVID-19 más tarde. En contraste, ninguno de los pasajeros del autobús 1, que no incluía al paciente índice, desarrolló COVID-19. En el autobús, las zonas más cercanas al paciente índice no mostraron correlación con mayores tasas de infección ni con gravedad de los síntomas.<sup>16</sup>

Estos brotes, y otros posteriores, mostraron la evidencia de la transmisión por aerosoles a larga distancia, lo que evidenció la importancia del uso de mascarillas o respiradores de alta eficiencia, así como la ventilación de los espacios cerrados (hasta donde sabemos, a la fecha no existe un solo brote de COVID-19 que se haya relacionado con la transmisión de contacto).

### La importancia de la ventilación de los espacios cerrados

Tradicionalmente, para prevenir enfermedades, la higiene se ha enfocado en el aseo personal, la limpieza del agua, la seguridad de los alimentos y la limpieza del entorno. Sin embargo, con la creciente conciencia sobre la calidad del aire y sus efectos en la salud, ahora también se reconoce la importancia de respirar aire limpio como parte integral de la higiene y la asepsia. Esto implica adoptar medidas para mejorar la calidad del aire interior y exterior, como la ventilación adecuada y el uso de filtros de aire.

Aumentar la tasa de ventilación en un espacio interior reduce la concentración de partículas infecciosas en el aire y disminuye el riesgo de transmisión de patógenos por vías de corto y largo alcance. Existen tres categorías principales de ventilación en edificios: infiltración, ventilación natural y ventilación mecánica. La infiltración ocurre cuando el aire exterior entra por grietas o pequeños agujeros en la estructura, impulsado por diferencias de presión y temperatura entre el interior y el exterior.<sup>17</sup> La ventilación natural es la más sencilla e implica el movimiento de aire no controlado, pero intencional, a través de ventanas, puertas u otras aberturas así diseñadas. Puede ser menos predecible y depende de factores externos como la temperatura del aire exterior, la dirección del viento y las diferencias de presión. La ventilación mecánica es controlada e incluye sistemas como la ventilación unitaria, de todo el edificio o puntual. Se utilizan ventiladores y conductos para extraer aire viciado y/o suministrar aire fresco, típicamente en instalaciones comerciales y residenciales.<sup>18</sup> Un problema de la ventilación natural es que la temperatura interior puede variar indeseablemente con la entrada del aire exterior, lo cual importa en tiempos de calor o frío intensos. Los sistemas de recuperación de energía, como los HRV (recuperación de calor) y ERV (recuperación de energía), transfieren calor y en algunos casos humedad entre el aire de escape y el aire entrante para mejorar la eficiencia energética y el confort interior.

La desinfección del aire mediante ultravioleta germicida (GUV) implica el uso de energía UV para inactivar microorganismos. Estos sistemas deben ser implementados por profesionales especializados para evitar el daño de la luz UV a la salud humana. Se recomienda para entornos como cárceles, refugios y hospitales con alto riesgo de transmisión aérea donde la ventilación es limitada, la GUV no elimina físicamente partículas y tiene efecto mínimo en otros contaminantes comparada con la ventilación y la filtración.<sup>18</sup>

Otra opción para la limpieza del aire cuando no es posible ventilar es utilizar filtros con un valor de eficiencia mínimo de reporte (MERV) de 13. Por supuesto, la elección final debe considerar las capacidades del sistema HVAC. Al aumentar la eficiencia del filtro, también se eleva la caída de presión, lo que puede reducir el flujo de aire a través del sistema e incrementar el consumo de energía del ventilador

para compensar la mayor resistencia. Si no es posible utilizar un filtro *MERV* 13 en el sistema, se debe optar por el filtro con la clasificación *MERV* más alta que se pueda.<sup>19</sup>

El cumplimiento de normas ayuda a mejorar la calidad del aire interior y a mitigar riesgos para la salud asociados con la exposición a contaminantes. La ventilación se mide a través de los cambios de aire por hora (*ACH*, por sus siglas en inglés), que indica la velocidad a la cual el aire de una habitación es reemplazado por aire limpio. El cálculo de *ACH* se basa en dos variables: el flujo de aire en la habitación y el volumen de la habitación. A pesar de que un *ACH* sugiere que todo el aire en la habitación se reemplaza cada hora, en la práctica, sólo alrededor de 63% del aire es reemplazado debido a la mezcla del aire fresco con el aire ya presente en la habitación. En términos de transmisión de enfermedades por el aire, lo que realmente importa es el tiempo necesario para reemplazar un porcentaje significativo del aire por aire fresco. La relación entre *ACH* y el tiempo necesario para reemplazar el 99% del aire no es lineal.<sup>20,21</sup>

En general, los cambios requeridos por hora se encuentran alrededor de seis, toda vez que en esa cantidad se optimiza el beneficio de la ventilación contra el esfuerzo en conseguirla. A medida que el *ACH* aumenta más allá de cierto punto, los beneficios adicionales disminuyen. A pesar de esto, cuanto mayor sea el *ACH*, mejor será la ventilación, lo que ayudará a reducir la cantidad de aerosoles infecciosos en el aire y, por lo tanto, disminuirá el riesgo de transmisión de enfermedades.<sup>20</sup>

Así pues, es importante la ventilación de interiores como parte de una cultura necesaria para evitar la diseminación y la aparición de brotes de infecciones por virus respiratorios. Para que un virus inicie un brote, no sólo debe cumplir con ciertos criterios biológicos, también requiere factores epidemiológicos que faciliten su propagación. Los virus de influenza y *COVID* tienen la capacidad de generar pandemias debido a su rápida mutación y la adaptación a nuevas condiciones. Este proceso de adaptación es crucial para que el virus pueda evadir las defensas inmunológicas de la población humana y extenderse globalmente.<sup>22</sup> Sin embargo, en infecciones virales el tamaño de la transmisión de "cuello de botella" se define como el número de partículas del virus transmitidas por el hospedero donador que son capaces de establecer exitosamente linajes genéticos dentro del hospedero receptor.<sup>23,24</sup> Eso significa que una persona no se infecta simplemente por respirar una partícula viral, sino que requiere acumular un inóculo para vencer el cuello de botella, lo que abona en la necesidad de ventilar interiores y favorecer actividades en exteriores. Tener estimaciones del tamaño del cuello de botella ayuda a determinar y reconstruir el inicio de un brote infeccioso, así como el impacto de la evolución viral y sus potenciales mecanismos de transmisión.<sup>25-27</sup>

Una revisión de la utilidad de cubrebocas, mascarillas o respiradores de alta eficiencia está fuera del alcance de esta revisión, pero es claro que, cuando no es posible influir en la ventilación, es conveniente utilizarlos en espacios cerrados para reducir el tamaño del inóculo que respiramos o que emitimos.

## La ventilación y medición del CO<sub>2</sub> y un estudio piloto

Evaluar las tasas de ventilación utilizando concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se puede realizar usando ecuaciones de balance de masa durante distintas fases de ocupación, es decir, las fases de acumulación de concentración, equilibrio y decaimiento de la materia orgánica en el aire. Los métodos de acumulación y equilibrio requieren una tasa de emisión conocida de CO<sub>2</sub> en el interior, como un subalterno de la carga biológica, pues los seres vivos lo emitimos en la respiración; esta tasa puede estimarse con el uso de medidores de CO<sub>2</sub>. Una limitación general que queda es el seguimiento continuo del estado de ocupación e identificar los periodos adecuados para aplicar esos métodos de medición. Como resultado, pocos estudios han comparado el desempeño de los diferentes métodos basados en el balance de masa de CO<sub>2</sub> para determinar las tasas de ventilación en entornos realistas.<sup>28</sup>

Desde el siglo *XIX* se ha debatido el papel del CO<sub>2</sub> en la ventilación de edificios. En esa época se pensaba que el CO<sub>2</sub>, en lugar de la falta de oxígeno, causaba los efectos fisiológicos del aire contaminado. Pettenkofer argumentó que no era el CO<sub>2</sub>, sino la materia orgánica de la piel y los pulmones humanos lo que provocaba los efectos negativos de una ventilación deficiente. Propuso que el CO<sub>2</sub> no debía considerarse la causa del malestar, sino un indicador de aire viciado, defendiendo la teoría de los miasmas. A principios del siglo *XX*, estudios de Billings, Hermans, Flugge y otros propusieron que el calor y los olores en espacios mal ventilados eran una fuente de incomodidad. Lemberg y Yaglou indicaron que la percepción del olor corporal humano podría usarse como subalterno para establecer los requisitos de ventilación, con el CO<sub>2</sub> como un marcador del olor, no como un contaminante.<sup>29,30</sup>

En la actualidad, y a pesar de sus limitaciones, el monitoreo del CO<sub>2</sub> para gestionar la ventilación y la ocupación ofrece grandes beneficios, ya que los dispositivos son económicos y permiten evaluar fácilmente la calidad del aire. En 1989, el estándar *ASHRAE* 62 ya reconocía el CO<sub>2</sub> como indicador, fijando un límite de 1 000 ppm para interiores. Diversas organizaciones y gobiernos han establecido regulaciones para las concentraciones de CO<sub>2</sub> en interiores, especialmente en entornos laborales. Este monitoreo se ha convertido en una herramienta clave para la gestión de riesgos relacionados con la transmisión de enfermedades infecciosas en el aire. Recientemente se han establecido límites de CO<sub>2</sub> para los edificios ocupados, en general entre 1 000 y 1 500 ppm, con el objetivo de asegurar la calidad del aire y evitar el "síndrome del edificio enfermo".<sup>30</sup> Consideramos que estos límites también se deben adaptar a la "nueva higiene" o concepto de asepsia en servicios de salud para prevenir la transmisión de infecciones respiratorias, como se aprendió durante la pandemia de *COVID-19*.

El estándar europeo *CEN* 16798-1 establece directrices para la calidad ambiental interior en edificios. Proporciona cuatro categorías de calidad ambiental interior que incluyen diferentes concentraciones de CO<sub>2</sub> en relación con las concentraciones exteriores: categoría I (límite 550 ppm),

categoría II (límite 800 ppm) y categorías III y IV (sobre 1 350 ppm). La categoría II refleja las expectativas normales de los ocupantes en términos de confort y calidad del aire, y es adecuada para espacios de uso general, como oficinas, aulas, y viviendas.<sup>29,30</sup>

El monitoreo de CO<sub>2</sub> puede indicar la cantidad de aire exhalado en una habitación y evaluar la ocupación y efectividad de la ventilación, pero no mide directamente el riesgo de infección ni las tasas de ventilación, es sólo una medición subalterna que debe combinarse con datos epidemiológicos del momento. El monitoreo permite a los ocupantes gestionar la ventilación, equilibrando confort térmico, humedad, consumo energético y control del ruido, evitando la sobreventilación innecesaria en invierno. El uso de pantallas visuales para monitorear CO<sub>2</sub> puede ayudar a superar las barreras que limitan la ventilación adecuada en espacios interiores.<sup>29,30</sup>

Con fines de demostración efectuamos mediciones de CO<sub>2</sub> con un medidor Aranet 4 (MR, Saf Tehnika; Riga, Letonia) en distintas circunstancias, considerando espacios cerrados, ocupados durante un mínimo de 30 minutos y el número total de personas en el interior, así como el espacio correspondiente por persona (determinando el volumen total del interior con sus dimensiones en metros). Los resultados se muestran en el cuadro 1. Como se observa, las reuniones

en exteriores son seguras respecto de la ventilación. Un gimnasio, incluso cuando sea amplio y parezca bien ventilado, puede alcanzar un nivel alto de contaminación, ya que las personas están emitiendo un alto volumen respiratorio por el jadeo.

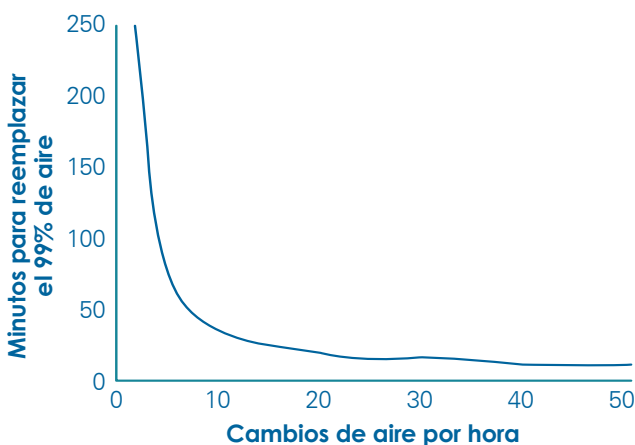
En la figura 1 se muestra la relación entre los cambios de aire por hora (ACH) y el tiempo necesario para reemplazar el 99% del aire del recinto. La curva representa una relación inversamente proporcional entre la frecuencia de renovación del aire y el tiempo requerido para alcanzar la purificación casi completa del ambiente interior. A medida que los valores de ACH aumentan, los minutos necesarios para la eliminación del 99% de las partículas suspendidas en el aire disminuyen de forma exponencial, mostrando un descenso pronunciado en los primeros incrementos de ventilación (entre 1 y 10 ACH), seguido de una meseta a partir de los 20 a 25 ACH.

Este comportamiento evidencia que incluso pequeños incrementos en la tasa de cambios de aire por hora pueden generar mejoras sustanciales en la calidad del aire interior, con un efecto particularmente marcado en entornos cerrados o con alta densidad de ocupación. Dicho efecto se traduce en una reducción significativa del riesgo de exposición a aerosoles potencialmente contaminantes, incluidos los que contienen patógenos respiratorios.

**Cuadro 1.**  
Mediciones de CO<sub>2</sub> (ppm) en interiores, en diversas circunstancias

Lugar	Personas, n	m <sup>3</sup> /persona	CO <sub>2</sub> pmm	Ventilacion evidente
Jardín exterior	16	N.D.	430	Sí
Aula	61	4.7	4885	No
Gimnasio	49	103.4	4268	Sí
Habitación, casa	4	10.2	1208	Sí
Consultorio	8	5.0	3299	No
Comedor	5	126.6	634	Sí
Autobús	36	1.8	3670	No
Automóvil	2	2.5	4320	No

**Figura 1.**  
Relación entre los cambios de aire por hora y el tiempo necesario para reemplazar el 99 % del aire interior



## Conclusiones

La evolución del concepto de asepsia refleja un cambio profundo en la manera en que entendemos la prevención de las infecciones. Lo que inició en el siglo XIX con Lister y la antisepsia quirúrgica, hoy se amplía hacia una visión integral que debe incluir el aire que respiramos como un elemento fundamental del entorno aséptico. La pandemia de COVID-19 evidenció que la mayoría de las infecciones respiratorias no se transmitieron principalmente por contacto, sino por aerosoles suspendidos en espacios mal ventilados. Esto transformó la perspectiva tradicional de la higiene, demostrando que la ventilación, la filtración y el monitoreo del CO<sub>2</sub> son herramientas tan esenciales como el lavado de manos, la desinfección de instrumentos o la esterilización del material quirúrgico.

En este contexto, la asepsia moderna debe incluir una práctica global de prevención que abarque tanto la limpieza física de las superficies como la pureza del aire interior. La calidad del aire se convierte en un componente indispensable de la seguridad sanitaria, especialmente en hospitales, escuelas, oficinas y cualquier entorno cerrado donde convivan personas. Incorporar sistemas de ventilación adecuados, filtros MERV 13 o superiores y tecnologías como la luz ultravioleta germicida no sólo mejora la calidad del aire, sino que reduce significativamente el riesgo de transmisión de patógenos.

En fin, el concepto de asepsia, junto con el de la higiene, debe evolucionar hacia una noción más amplia de "entorno saludable", donde la protección del paciente y del profesional se base también en garantizar un aire limpio y bien circulado. Esta visión reafirma que la asepsia no es únicamente una técnica médica, sino un compromiso ético y social con la vida, la salud y la dignidad humana, que requiere el concurso de profesionales de arquitectura, ingeniería y diseño que permitan que respiremos un aire más limpio.

## Referencias

- Vandegrift, R., Bateman, A.C., Siemens, K.N. *et al.*, "Cleanliness in context: reconciling hygiene with a modern microbial perspective", *Microbiome*, 2017, 5 (1): 76. doi:10.1186/s40168-017-0294-2.
- Curtis, V.A., "Dirt, disgust and disease: a natural history of hygiene", *J Epidemiol Community Health*, 2007, 61 (8): 660-664. doi:10.1136/jech.2007.062380.
- Schlich, T., "Asepsis and bacteriology: a realignment of surgery and laboratory science", *Med Hist*, 2012, 56 (3): 308-334. doi:10.1017/mdh.2012.22.
- Rutala, W.A., Boyce, J.M. y Weber, D.J., "Disinfection, sterilization and antisepsis: an overview", *Am J Infect Control*, 2023, 51 (11S): A3-A12. doi: 10.1016/j.ajic.2023.01.001.
- Calderwood, A.H., Day, L.W., Muthusamy, V.R. *et al.*, "ASGE Quality Assurance in Endoscopy Committee. ASGE guideline for infection control during GI endoscopy", *Gastrointest Endosc*, 2018, 87 (5): 1167-1179. doi: 10.1016/j.gie.2017.12.009.
- Lister, J., "On the antiseptic principle in the practice of surgery", *Lancet*, 1867, 90 (2299): 353-356.
- Gawande, A., *The Checklist Manifesto: How to Get Things Right*, Nueva York, Metropolitan Books, 2012.
- Tanner, J., "Aseptic technique: evidence-based approach for nursing practice", *Br J Nurs*, 2013, 22 (5): 260-263.
- Mangram, A.J., Horan, T.C., Pearson, M.L., Silver, L.C. y Jarvis, W.R., "Guideline for prevention of surgical site infection", *Infect Control Hosp Epidemiol*, 1999, 20 (4): 250-278.
- Lynch, R.J., Englesbe, M.J., Sturm L. *et al.*, "Measurement of surgical glove perforation and the effect of double gloving: a systematic review", *Surgery*, 2009, 145 (1): 21-31.
- Kent, H., Dawson, S., Lewis, J. y Mitchell, B., "Aseptic technique in clinical nursing settings: a scoping review", *J Hosp Infect*, publicado en línea en 2025. doi: 10.1016/j.jhin.2025.08.007.
- Gould, D.J., Chudleigh, J., Pursell, E. y Drey, N.S., "Survey to explore understanding of the principles of aseptic technique: qualitative content analysis with descriptive analysis of confidence and training", *Am J Infect Control*, 2018, 46 (4): 393-396.
- Salian, V.S., Wright, J.A., Vedell, P.T. *et al.*, "COVID-19 transmission, current treatment, and future therapeutic strategies", *Mol Pharm*, 2021, 18 (3): 754-771.
- Kim, T., "Work environment surrounding COVID-19 outbreak in call center, South Korea", *Emerg Infect Dis*, 2020, 26 (10): 2533-2534. doi: 10.3201/eid2610.202647.
- Park, S.Y., Kim, Y.M., Yi, S. *et al.*, "Coronavirus disease outbreak in call center, South Korea", *Emerg Infect Dis*, 2020, 26 (8): 1666-1670. doi: 10.3201/eid2608.201274.
- Shen, Y., Li, C., Dong, H. *et al.*, "Community outbreak investigation of SARS-CoV-2 transmission among bus riders in Eastern China", *JAMA Intern Med*, 2020, 180 (12): 1665-1671. doi: 10.1001/jamainternmed.2020.5225.
- Sachs, J.D., Karim, S.S.A., Akinin, L. *et al.*, "The Lancet Commission on lessons for the future from the COVID-19 pandemic", *Lancet*, 2022, 400 (10359): 1224-1280. doi: 10.1016/S0140-6736(22)01585-9.
- Lancet COVID-19 Commission Task Force on Safe Work, Safe School and Safe Travel. Consultado el 3 de octubre de 2025. Disponible en: <https://covid19commission.org/commpub/lancet-covid-commission-tf-report-nov-2022>.
- <https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/covid-19/filtration-and-disinfection-faq.pdf>. Consultado el 3 de octubre de 2025.
- Edwards, A.J., King, M.F., López-García, M., Peckham, D. y Noakes, C.J., "Assessing the effects of transient weather conditions on airborne transmission risk in naturally ventilated hospitals", *J Hosp Infect*, 2024, 148: 1-10. doi: 10.1016/j.jhin.2024.02.017.
- Memarzadeh, F. y Xu, W., "Role of air changes per hour (ACH) in possible transmission of airborne infections", *Build Simul*, 2012, 5 (1): 15-28. doi: 10.1007/s12273-011-0053-4.
- Peacock, T., Moncla, L., Dudas, G. *et al.*, "The global H5N1 influenza pandemic in mammals", *Nature*, publicado en línea el 24 de septiembre de 2024. doi: 10.1038/s41586-024-08054-z.
- Zwart, M.P., Elena, S.F., "Rules of engagement: the foundations of virus-host coevolution", *Annu Rev Phytopathol*, 2015, 53: 157-179.
- McCrone, J.T. y Lauring, A.S., "Genetic bottlenecks in intraspecies virus transmission", *Curr Opin Virol*, 2018, 28: 20-25.
- Hall, M.D., Woolhouse, M.E.J. y Rambaut, A., "The effects of sampling strategy on the inferred structure of pathogen populations", *Mol Biol Evol*, 2016, 33 (2): 161-171.
- Campbell, F., Strang, C., Ferguson, N., Cori, A. y Jombart, T., "When are pathogen genome sequences informative of transmission events?" *PLoS Pathog*, 2018, 14 (2): e1006885.
- Duault, A., Neher, R.A. y Stadler, T., "The transmission bottleneck of SARS-CoV-2 and its impact on viral evolution", *Nat Commun*, 2022, 13: 6192.
- Du, B. *et al.*, "Estimating air change rate in mechanically ventilated classrooms using a single CO<sub>2</sub> sensor and automated data segmentation", *Environ Sci Technol*, 2024, 58 (42): 18788-18799. doi: 10.1021/acs.est.4c02797.
- ASHRAE guideline. Disponible en: <https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Bookstore/Supplemental%20Files/ASHRAE-Guideline-36-2018--20200803.docx>. Consultado el 3 de octubre de 2025.
- EMG-SPHB: Application of CO<sub>2</sub> monitoring as an approach to managing ventilation to mitigate SARS-CoV-2 transmission. Consultado el 3 de octubre de 2025, Disponible en: [https://assets.publishing.service.gov.uk/media/60c2348be90e0743a7a70a2c/S1256\\_EMG\\_SPI-B\\_Application\\_of\\_CO2\\_monitoring\\_as\\_an\\_approach\\_to\\_managing\\_ventilation\\_to\\_mitigate\\_SARS-CoV-2\\_transmission.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/media/60c2348be90e0743a7a70a2c/S1256_EMG_SPI-B_Application_of_CO2_monitoring_as_an_approach_to_managing_ventilation_to_mitigate_SARS-CoV-2_transmission.pdf).