

[Acerca de Res](#) . 2020 Sep; 188: 109819.

Publicado en línea el 13 de junio de 2020. Doi: [10.1016 / j.envres.2020.109819](https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109819)

PMCID: PMC7293495

PMID: [32569870](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32569870/)

## Transmisión del virus COVID-19 por gotitas y aerosoles: una revisión crítica sobre la dicotomía no resuelta

[Mahesh Jayaweera](#) , <sup>a,\*</sup> [Hasini Perera](#) , <sup>b</sup> [Buddhika GUNAWARDANE](#) , <sup>una</sup> y [Jagath Manatunge](#) <sup>una</sup>

[Información del autor](#) [Notas del artículo](#) [Información sobre derechos de autor y licencia](#) [Renuncia de responsabilidad](#)

Este artículo ha sido [citado por](#) otros artículos en PMC.

### Abstracto

[Ir:](#)  
[Vete a:](#)

### 1. Introducción

La enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19) se informó por primera vez en Wuhan, China, en diciembre de 2019 ( [Chen et al., 2020](#) ). La enfermedad es causada por el Síndrome Respiratorio Agudo Severo Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) ( [Gorbalenya, 2020](#) ) y se asevera que se transmite de persona a persona por múltiples medios, a saber, por gotitas, aerosoles y fomites ( [Wang y Du, 2020](#) ). Han pasado más de 120 días desde que se informó por primera vez el COVID-19, luego declarado como una pandemia y altamente contagioso. Hasta el 5 de mayo de 2020, ha habido más de 3,5 millones de casos confirmados y 243,401 muertes por la enfermedad COVID-19 en todo el mundo ( [OMS, 2020a](#) ). La infección por COVID-19 desencadena una enfermedad respiratoria aguda grave, con fiebre, tos, mialgia y fatiga como síntomas comunes al inicio de la enfermedad ( [Huang et al., 2020](#) ; [Judson y Munster, 2019](#) ; [Nicas et al., 2005](#) ).

Los agentes infecciosos pueden diseminarse desde su reservorio natural a un huésped susceptible por diferentes vías. Existen varias clasificaciones reportadas en la literatura para los modos de transmisión de diferentes agentes infecciosos. [Morawska \(2006\)](#) ha presentado una clasificación para la transmisión del virus, que incluye la transmisión entre humanos, la transmisión aérea y otros medios de transmisión, como la infección endógena, el vehículo común y la propagación por vectores. Sin embargo, se cree que muchos virus respiratorios se transmiten a través de múltiples rutas, de las cuales las rutas de transmisión de gotas y aerosoles se vuelven primordiales, pero su importancia en la transmisión de la enfermedad

sigue sin estar clara ( [Morawska y Cao, 2020](#) ; [Shiu et al., 2019](#) ). En general, las personas infectadas propagan partículas virales cada vez que hablan, respiran, tosen o estornudan. Se sabe que tales partículas virales están encapsuladas en globos de moco, saliva y agua, y el destino / comportamiento de los globos en el medio ambiente depende del tamaño de los globos. Los globos más grandes caen más rápido de lo que se evaporan, por lo que caen cerca en forma de gotas ( [Grayson et al., 2016](#) ; [Liu et al., 2016](#) ). Los globos más pequeños se evaporan más rápido en forma de aerosoles, permanecen en el aire y se alejan más que las gotas.

Las partículas respiratorias a menudo se pueden distinguir como gotitas o aerosoles en función del tamaño de partícula y específicamente en términos del diámetro aerodinámico ( [Hinds, 1999](#) ). Se podría discutir que, a diferencia de las gotas más grandes, los aerosoles pueden representar un mayor riesgo de propagación de la enfermedad COVID-19 entre muchos huéspedes susceptibles ubicados lejos del punto de origen. Sin embargo, se ha demostrado que los brotes de enfermedades virales por transmisión por aerosol no son tan graves como se podría pensar, debido a la dilución e inactivación de virus que permanecen durante períodos prolongados en el aire ( [Shiu et al., 2019](#) ). No ha habido evidencia discernible sobre la carga viral infecciosa mínima para la pandemia COVID-19, pero muchos investigadores especulan que unos pocos cientos de virus SARS-CoV-2 serían suficientes para causar la enfermedad entre huéspedes susceptibles ( [Beggs, 2020](#) ; [SMC, 2020](#) ).

Ha habido numerosos desacuerdos sobre el tamaño de partícula promedio de gotitas y aerosoles ( [Shiu et al., 2019](#) ). La Organización Mundial de la Salud (OMS) y los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) postulan que las partículas de más de 5  $\mu\text{m}$  como gotitas y las de menos de 5  $\mu\text{m}$  como aerosoles o núcleos de gotitas ( [Siegel et al., 2007](#) ; [OMS, 2014](#) ). Por el contrario, ha habido algunas otras postulaciones que indican que el diámetro aerodinámico de 20  $\mu\text{m}$  o 10  $\mu\text{m}$  o menos debe considerarse como aerosoles, en función de su capacidad para permanecer en el aire durante un período prolongado y la accesibilidad a la fracción respirable de el pulmón (región alveolar) ( [Galton et al., 2011](#) ; [Nicas et al., 2005](#) ; [Tellier, 2009](#) ). Los aerosoles pequeños son más susceptibles de ser inhalados profundamente en el pulmón, lo que causa infección en los tejidos alveolares del tracto respiratorio inferior, mientras que las gotas grandes quedan atrapadas en las vías respiratorias superiores ( [Thomas, 2013](#) ). Para una fácil aprehensión, los aerosoles se pueden definir como suspensiones de partículas sólidas o líquidas en el aire, que pueden ser generadas por fenómenos naturales o antropogénicos ( [Judson y Munster, 2019](#) ; [Tellier, 2009](#) ).

Aunque el distanciamiento social sería prometedor en la lucha contra el COVID-19, las distancias mínimas que se han mantenido entre una persona infectada y un huésped son discutibles y están lejos de establecerse en base a evidencia científica. Sin embargo, muchos han creído que las gotitas predominan sobre los aerosoles en términos de contraer la enfermedad; así, a lo largo del tiempo, el trabajo de investigación se ha centrado en adquirir un mejor conocimiento sobre la ciencia de la transmisión de gotas ( [Morawska y Cao, 2020](#) ; [Wang y Du, 2020](#) ). Sin embargo, desde el

pasado reciente, se ha proporcionado evidencia para refutar la hipótesis anterior y se especuló que los aerosoles también juegan un papel importante en la transmisión de la enfermedad ( [Morawska y Cao, 2020](#) ; [Wang y Du, 2020](#) ). Como tal, la controversia sobre los modos de transmisión del virus SARS-CoV-2 parece ser especulativa y desconcertante entre muchos investigadores, incluida la OMS ( [Morawska y Cao, 2020](#) ). No se han realizado estudios concluyentes sobre la diferenciación entre los modos de transmisión de virus a través de gotitas y aerosoles; de ahí una dicotomía no resuelta.


También se ha argumentado que los entornos ambientales, en los que se transmite el virus SARS-CoV-2, desencadenan la enfermedad de manera adversa o beneficiosa con un huésped susceptible expuesto a cargas útiles más o menores, respectivamente ( [Morawska, 2006](#) ; [Tellier et al., 2019](#) ). Estos escenarios adversos o beneficiosos se basan en cambios plausibles en el destino del virus en el medio ambiente provocados por fenómenos de transporte alterados. Ha habido miríadas de hipótesis que corroboran que ciertos niveles umbral de humedad, temperatura, luz solar y ventilación acelerarán la transmisión de gotitas y aerosoles cargados de virus, agravando la propagación de la enfermedad del SARS-CoV ( [Morawska, 2006](#) ).

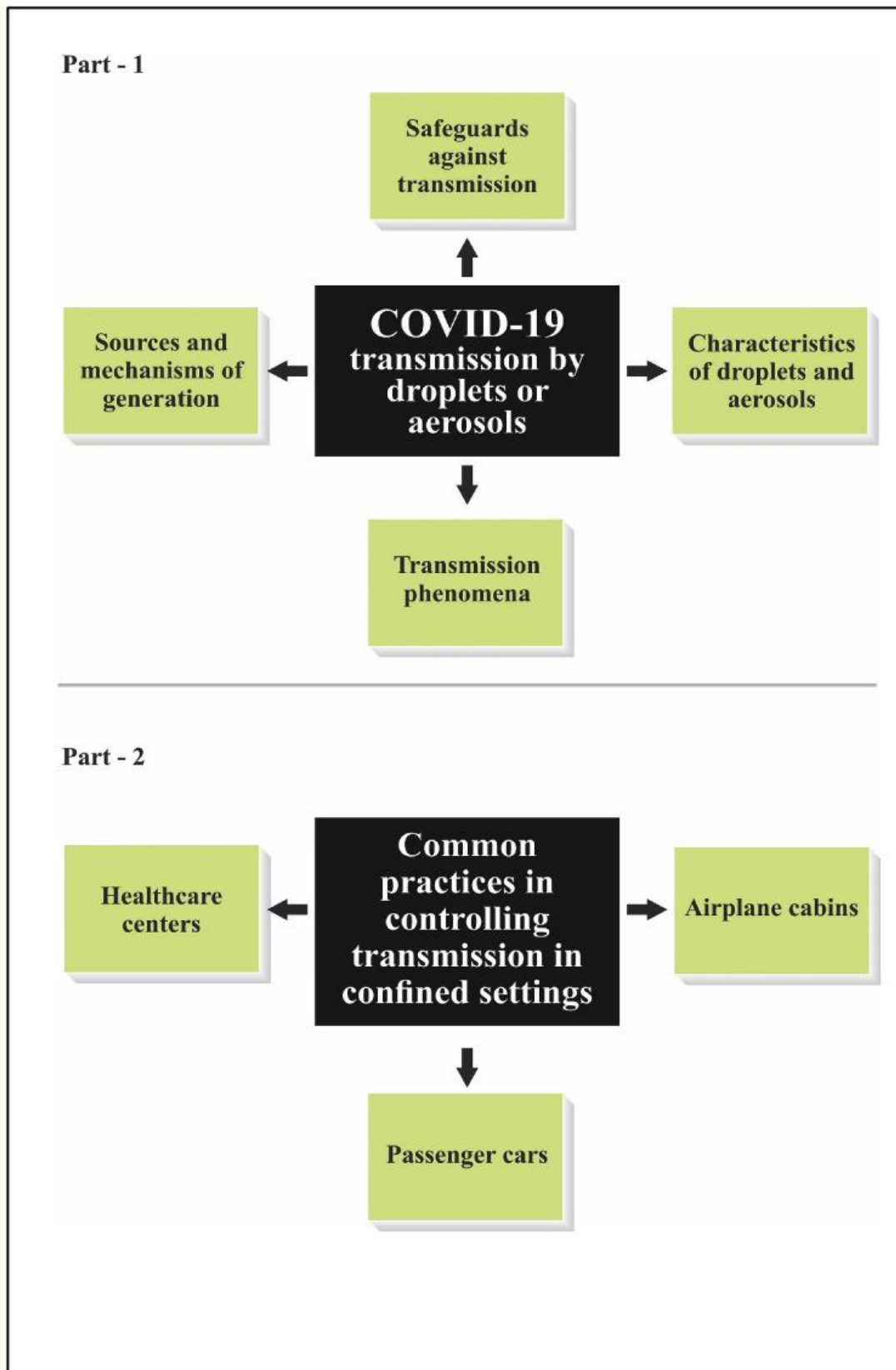
A medida que los científicos respaldan evidencia más concluyente sobre los modos de transmisión a través de gotitas y aerosoles, las mascarillas y respiradores que usan miles de millones de personas en todo el mundo (tanto personas infectadas como huéspedes susceptibles) se convierten en algo común en las actividades diarias. En los casos de transmisión por gotitas y aerosoles, la eficacia de dicho equipo de protección personal para combatir la transmisión del SARS-CoV-2 no se ha entendido bien.

Desde que se declaró que el COVID-19 es una pandemia con una morbilidad y mortalidad increíblemente altas en todo el mundo, la base de datos de investigación sobre el control del COVID-19, especialmente en el ambiente interior, se ha actualizado con varios estudios basados en evidencia. Sin embargo, se ha prestado menos atención al conjunto en el control de las gotas cargadas de virus y la liberación de aerosoles, sus fenómenos de transporte y los métodos plausibles de dilución y destrucción en diferentes entornos interiores. Con más casos de COVID-19 reportados en todo el mundo, las decisiones basadas en evidencia deben cumplirse para combatir la enfermedad, especialmente para situaciones en ambientes confinados. La transmisión de gotitas y aerosoles dentro de espacios confinados se convierte en un fenómeno profundamente complejo, y las trayectorias reales bajo diferentes condiciones microclimáticas son poco conocidas. La naturaleza agresiva de la enfermedad está directamente relacionada con los fenómenos de transporte tanto de gotitas como de aerosoles, y la comprensión de tales fenómenos es vital para controlar la propagación de la enfermedad dentro de estos espacios reducidos. Los ingenieros aerodinámicos, por lo tanto, necesitan trabajar en red con los virólogos para comprender completamente las posibles trayectorias de la propagación viral dentro de espacios tan confinados. En este contexto, se podría hacer uso de la dinámica de fluidos computacional para simular las trayectorias resultantes de la tos y los estornudos

de una persona infectada en diferentes entornos confinados. Necesitamos trabajar en red con virólogos para comprender completamente las posibles trayectorias de la propagación viral dentro de espacios tan reducidos. En este contexto, se podría hacer uso de la dinámica de fluidos computacional para simular las trayectorias resultantes de la tos y los estornudos de una persona infectada en diferentes entornos confinados. Necesitamos trabajar en red con virólogos para comprender completamente las posibles trayectorias de la propagación viral dentro de espacios tan reducidos. En este contexto, se podría hacer uso de la dinámica de fluidos computacional para simular las trayectorias resultantes de la tos y los estornudos de una persona infectada en diferentes entornos confinados.

Este artículo de revisión se divide en dos partes: Parte 1 sustenta los principios básicos que subyacen a la transmisión a través de las gotitas y aerosoles (Secciones [2](#) -5), y la Parte 2, siendo las prácticas comunes adoptadas por muchos en el control de la transmisión COVID-19 con diferentes máscaras usado en tres ambientes confinados; avión, automóvil de pasajeros y centro de salud (Sección [6](#)). [Figura 1](#) describe un esquema explicativo de las dos partes descritas en las siguientes secciones.





[Abrir en una ventana separada](#)

Figura 1

La Parte 1 enumera los principios y hallazgos sobre la transmisión de gotitas y aerosoles cargados de virus en la literatura, y la Parte 2 delibera sobre las prácticas que son comunes en entornos confinados bajo diferentes escenarios de ventilación.

## Parte 1:

Ir:  
Vete a:

## 2. Fuentes y mecanismos de generación y transmisión de gotitas y aerosoles

---

Aunque la transmisión directa de personas infectadas es la principal fuente de aerosoles y gotitas, otros escenarios como procedimientos médicos, cirugías ( [Judson y Munster, 2019](#) ), agua corriente del grifo y tiros de inodoro ( [Morawska, 2006](#) ) también generan aerosoles contaminados con patógenos infecciosos. Los tipos más comunes de virus que causan infecciones en el tracto respiratorio a través de la transmisión por aerosol son los virus de la influenza, los rinovirus, los coronavirus, los virus respiratorios sincitiales (RSV) y los virus de la parainfluenza ( [Morawska, 2006](#) ). [Tellier \(2009\)](#) ha postulado tres modos en los que se puede transmitir el virus de la influenza: transmisión por aerosol, transmisión por gotitas y autoinoculación de la mucosa nasal por manos contaminadas. [Judson y Munster \(2019\)](#) presentan otra clasificación, a la que a menudo se hace referencia como el término de 'transmisión aérea' para describir la propagación de la enfermedad por aerosoles de gotitas pequeñas y núcleos de gotitas, mientras que el término 'transmisión de gotitas' para describir la infección por aerosoles de gotitas. El término 'transmisión aérea' definido por [Morawska \(2006\)](#) es bastante similar al mismo aprehendido por [Judson y Munster \(2019\)](#). Además, el contacto directo y la transmisión de fómites producidos por procedimientos médicos generadores de aerosoles (AGMP) también pueden considerarse como vías de transmisión potenciales ( [Judson y Munster, 2019](#) ).

La transmisión por gotitas se produce mediante la pulverización directa de gotitas grandes sobre la conjuntiva o las membranas mucosas de un huésped susceptible cuando un paciente infectado estornuda, habla o tose. Mientras tanto, el contacto físico directo entre un individuo infectado y el huésped susceptible y el contacto indirecto con las secreciones infecciosas en los fómites pueden causar la transmisión por contacto ( [Boone y Gerba, 2007](#) ; [Brankston et al., 2007](#) ; [Nicas et al., 2005](#) ; [Tellier, 2006](#) ).

Es un hecho bien conocido que COVID-19 se transmite por contacto de persona a persona; por lo tanto, contagioso. Uno de los mecanismos predominantes para que COVID-19 sea contagioso es la autoinoculación a partir de fómites contaminados. La autoinoculación podría ocurrir por una mala higiene de las manos ( [Kwok et al., 2015](#) ) o por no seguir las etiquetas comunes para el control de enfermedades. Se encontró que la transmisión viral debido a los toques frecuentes de fómites contaminados era una fuente de la enfermedad. En consecuencia, muchos investigadores han prestado atención a la transmisión aérea directamente por gotitas y aerosoles cargados de virus. Sin embargo, la novedad de este brote viral limita la evidencia prima facie para determinar las posibles rutas de transmisión y, por lo tanto, se asume que el SARS-CoV-2 también se propaga como los otros coronavirus humanos ( [CDC, 2020a](#) ).

Estudios recientes corroboraron que COVID-19 se transmite principalmente entre personas a través de gotitas respiratorias y rutas de contacto ( [Burke, 2020](#); [CDC, 2020a](#); [Chan et al., 2020](#); [Huang et al., 2020](#); [Li et al., 2020](#); [Liu et al., 2020](#) ) . [al., 2020b](#); [OMS, 2020b](#) ). Además, se ha encontrado evidencia de que la contaminación fecal causada por una persona infectada es perceptible para propagar el virus SARS-CoV-2 ( [Zhang et al., 2020](#) ). Un estudio reciente en China ha investigado 1.070 muestras recolectadas de 205 pacientes infectados en tres hospitales en las provincias de Hubei y Shandong, y aproximadamente el 29% de los casos positivos para COVID-19 se han observado con transmisión a través de las heces ( [Wang et al., 2020c](#) ). Además, también destacaron el hecho de que COVID-19 podría transmitirse a través de las vías fecales después de detectar los agentes infecciosos vivos de COVID-19 en las heces de los pacientes ( [Wang et al., 2020c](#) ). Contrariamente a lo señalado anteriormente, la OMS, en horas tempranas de la manifestación del COVID-19, ha denunciado que no existían evidencias que sustenten la transmisión fecal-oral del virus SARS-CoV-2 ( [OMS, 2020b](#) ). El mismo informe también destacó el hecho de que la transmisión aérea no ha jugado un papel significativo en la transmisión de la enfermedad de 75,465 casos confirmados de COVID-19 en China al 27 de marzo de 2020 ( [OMS, 2020c](#) ). A diferencia del estudio de la OMS, otro estudio ha informado que el SARS-CoV-2 puede sobrevivir en el aire durante muchas horas, provocando una posible transmisión por aerosol ( [van Doremalen et al., 2020](#) ). Dado que se registran más personas infectadas en muchos países, la OMS ha insinuado que ciertos procedimientos hospitalarios también generarían aerosoles en circunstancias específicas: intubación endotraqueal, broncoscopia, aspiración abierta, administración de tratamiento nebulizado, ventilación manual antes de la intubación, volviendo al paciente en decúbito prono. posición, desconexión del paciente del ventilador, ventilación con presión positiva no invasiva, traqueotomía y reanimación cardiopulmonar ( [OMS, 2020b](#) ). Como precauciones para prevenir esta plausible transmisión de virus por el aire, la OMS ha recomendado una gran cantidad de protocolos de manejo ( [OMS, 2020d](#) ).

Además, los trabajadores sanitarios están expuestos involuntariamente a agentes infecciosos a través del contacto de persona a persona a través de gotas respiratorias o aerosoles y el manejo directo de secreciones contagiosas (por ejemplo, esputo, suero, sangre, heces, etc.) de pacientes con COVID-19. [\(2020\)](#) han estudiado las fuentes de COVID-19 que podrían transmitir la infección durante la participación en los servicios de salud. Los resultados obtenidos de su estudio indican que las muestras recogidas del equipo de protección personal (EPP) usado por el personal del hospital (médicos que salían de las habitaciones de los pacientes) fueron negativas para COVID-19. Sin embargo, las muestras de los ventiladores de escape de salida de aire en las salas de pacientes, excepto los pasillos y las antecambios, se han notificado como positivas para COVID-19, lo que indica que la transmisión en el aire es plausible. [\(2020\)](#) corroboró que los hisopos tomados de las salidas de escape de aire en una sala de hospital de un paciente sintomático de COVID-19 en Singapur dieron positivo, lo que sugiere que los aerosoles cargados de virus pequeños han sido desplazados por los flujos de aire y depositados en equipos como los respiraderos. Sin embargo, no hay evidencia concluyente en cuanto a cómo está contaminado, y se presume que las partículas

de aerosol pueden haber sido depositadas en el respiradero. El 3 de febrero de 2020, en Mongolia Interior de China, se ha informado de positivo un caso de COVID-19 cuando una persona ha pasado por la puerta de un paciente sintomático varias veces, dando pruebas de la transmisión aérea ([Wang y Du, 2020](#)).

[Vete a:](#)

[Vete a:](#)

### 3. Distribución del tamaño, tiempo tomado y distancias transmitidas por aerosoles y gotas producidas por personas infectadas

---

A menudo se dice que el SARS-CoV-2 se transmite a través de gotas generadas cuando una persona sintomática tose, estornuda, habla o exhala ([Morawska y Cao, 2020](#)). Algunas de estas gotas son demasiado pesadas para permanecer en el aire, y más bien caen en pisos o superficies cercanas. Las fomitas recogen gotas contaminadas con SARS-CoV-2, y el contacto de tales superficies por un huésped susceptible se infectaría. Sin embargo, algunas gotas, cuando se expulsan de una persona infectada, se convierten en partículas de aerosol (también conocidas como bioaerosoles) con diámetros aerodinámicos relativamente más pequeños y, en consecuencia, se convierten en el aire ([Morawska, 2006](#)). Estas partículas de aerosol cargadas de virus son capaces de infectar a las personas que inhalan tales partículas, propagando así la enfermedad. Además, ha habido varios fenómenos de transporte donde las gotas más grandes se hacen más pequeñas a través de la evaporación de modo que tales partículas más pequeñas se llaman núcleos de gotas. Tales partículas de aerosol con la encapsulación de virus podrían denominarse bioaerosoles o núcleos de gotas; por lo tanto, el término «aerosol», «bioaerosol» y «núcleos de gota» se utiliza indistintamente en este papel. Los escenarios con respecto a la generación de gotas y aerosoles, particularmente en el ambiente interior, no se han entendido adecuadamente, y por lo tanto, las ideas sobre los mecanismos plausibles son dignas de ser exploradas. [Duguid \(1945\)](#), por primera vez, ha explorado las características de las gotas y el aerosol de las actividades espiratorias humanas con infecciones torácicas, y dicha información se presenta en el Cuadro [1](#). [Duguid \(1945\)](#) ha observado que el 95% de las partículas eran a menudo más pequeñas que 100  $\mu\text{m}$ , y la mayoría estaban entre 4 y 8  $\mu\text{m}$ . Los hallazgos corroboraron que la respiración y la exhalación originadas de la nariz han arrojado hasta unos pocos cientos de gotas de las cuales algunas eran aerosoles. Por el contrario, hablar, toser y estornudar han producido más aerosoles que gotas ([Tabla 1](#)).

#### Tabla 1

Información detallada de gotas y aerosoles generados a partir de actividades espiratorias humanas (Fuente: [Duguid, 1945](#)).



<b>Actividad</b>	<b>Número de gotas y aerosoles generados (1–100 m)</b>	<b>Presencia de aerosoles (1–2 m)</b>	<b>Región de origen</b>
Respiración normal (durante 5 min)	Ninguno – pocos	Algunos	Nariz
Una sola expiración nasal fuerte	Pocos – pocos cientos	Algunos	Nariz
Contando en voz alta - hablando	Pocas docenas – pocos cientos	Principalmente	Parte delantera de la boca
Una sola tos (boca abierta)	Ninguno – pocos cientos	Algunos	Región Faucial
Una sola tos (boca inicialmente cerrada)	Pocos cientos – muchos miles	Principalmente	Parte delantera de la boca
Estornudo único	Pocos cientos de miles – pocos millones	Principalmente	Parte delantera de la boca
	Pocos – pocos miles	Algunos	Tanto de la nariz como de la región faucial

[Abrir en una ventana separada](#)

Por el contrario de lo que [Duguid \(1945\)](#) ha presentado, un estudio realizado por [Papineni y Rosenthal \(1997\)](#) con cinco individuos sanos ha manifestado que el 80-90% de las partículas de actividades espiratorias humanas eran aerosoles con un diámetro inferior a 1 m. El estudio también corroboró que las densidades más altas de aerosoles se generaron durante la tos y la más baja de la respiración nasal, de las cuales la respiración exhalada sería más responsable en la transmisión de los virus (tamaño del orden de 0,1 m) en comparación con la transmisión de la bacteria (> 1 m). Se ha descubierto que los vómitos de una persona infectada por el SARS-CoV en el pasillo de un hotel de Hong Kong en 2003 han contraído la enfermedad en varias personas cercanas por transmisión de aerosoles ([Morawska, 2006](#)).

Los procesos fisicoquímicos que afectan al destino de los aerosoles en el aire constituyen evaporación, interacción con otros tipos de partículas, transporte y eliminación del aire por deposición en superficies sólidas ([Morawska, 2006](#)). Las partículas en el aire a menudo se someten al movimiento Browniano, gravedad, fuerzas electrostáticas, gradientes térmicos, radiación electromagnética, difusión turbulenta y fuerzas inerciales ([Baron y Willeke, 2001](#)). De estos mecanismos, la difusión es un mecanismo clave de transmisión de virus con partículas en el rango inferior de submicrometros, junto con otras partículas de aerosol ([Baron y Willeke, 2001](#)). En el caso de las gotas de más de 1 m, la gravedad se vuelve significativa que el movimiento Browniano al decidir el destino de tales partículas ([Cox, 1995](#)). En las condiciones atmosféricas estándar, las gotas de menos de 100 m a menudo se evaporan antes de llegar al suelo, y los residuos de gotas evaporadas permanecen en el aire durante períodos prolongados ([Morawska, 2006](#)). Cuando las gotas contienen bioaerosoles infecciosos, como virus, los bioaerosoles permanecerán en el aire, incluso después de que el contenido líquido se evapore ([Morawska, 2006](#)). Sin embargo, el intervalo de tiempo que un virus sobrevive en el aire varía de un tipo de bioaerosol a otro tipo. Las gotas en el rango de 0,5–20,0 m que persisten en el aire son más propensas a ser retenidas en las vías respiratorias y producir la infección ([McCluskey et al., 1996](#)). Sin embargo, las gotas parecen no estar presentes en el aire durante períodos más largos; en cambio, la evaporación tiene lugar, transformando las gotas en residuos de bioaerosol, que podrían permanecer en el aire durante períodos prolongados.

[Hui y Chan \(2010\)](#) han investigado que en diferentes ambientes interiores, SARS-CoV podría transmitirse a través de la ruta aerotransportada. Otro estudio retrospectivo ha encontrado que la transmisión aérea en un avión de una persona infectada a los pasajeros localizó siete filas de asientos por delante, lo que indica que el virus SARS-CoV podría viajar por una distancia superior a 1 m horizontalmente ([Olsen et al., 2003](#)). Otro caso ha sido reportado sobre la infección de más de 1.000 personas en un complejo de apartamentos en Hong Kong debido a aerosoles generados por el sistema de alcantarillado del edificio ([McKinney et al., 2006](#)). Estas observaciones manifiestan que la transmisión del virus SARS-CoV cargada de aerosol es un fenómeno que daría más estragos de lo que uno piensa, y las medidas de precaución son, por lo tanto, de suma importancia.

Se ha encontrado que el virus SARS-CoV-2 permanece viable en aerosoles durante 3 h, mientras que, en forma de gotas, es más estable en plástico y acero inoxidable,

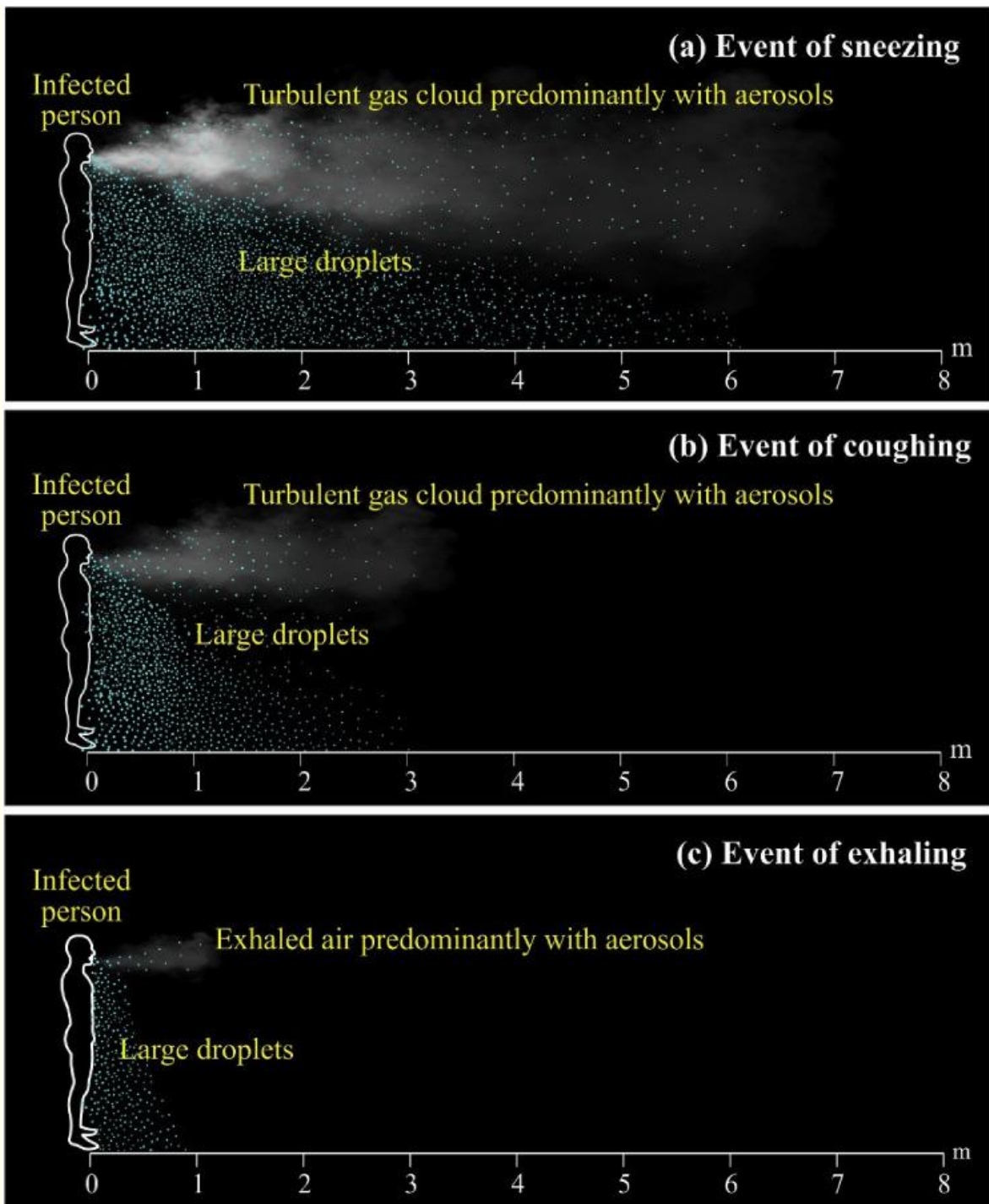
cobre, cartón y vidrio con duraciones detectadas hasta 72, 4, 24 y 84 h, respectivamente ([van Doremalen et al., 2020](#)). En comparación, también se encontró que el virus SARS-CoV se transmitió por el aire en forma de aerosoles durante 3 h, lo que indica que ambos virus del SRAS se comportan más o menos de la misma manera en el aire. Sin embargo, el virus SARS-CoV se mantiene estable y viable en forma de gotas de plástico y acero inoxidable, cobre, cartón y vidrio con duraciones (media vida) que duran hasta 72, 8, 8 y 96 h, respectivamente ([van Doremalen et al., 2020](#)). La vida media del SARS-CoV-2 y sarS-coV es casi la misma en aerosoles, con estimaciones medianas de aproximadamente 1,1–1,2 h, lo que indica que ambos virus tienen características de estabilidad similares en la transmisión a través del aire ([van Doremalen et al., 2020](#)). Sin embargo, el sustento epidemiológico más profundo del virus SARS-CoV-2 puede deberse, por lo tanto, a algunos otros factores, como las altas cargas virales en las vías respiratorias superiores y la capacidad de las personas infectadas con COVID-19 para derramar y transmitir el virus mientras permanece asintomática ([Bai et al., 2020](#); [Zou et al., 2020](#)).

Sobre la base de un estudio realizado por [Nicas et al. \(2005\)](#), se ha estimado que las partículas emitidas por una tos de una persona infectada de una enfermedad respiratoria disminuyen rápidamente en diámetro (con diámetros iniciales de menos de 20  $\mu$ m) principalmente debido a la pérdida de agua en aproximadamente la mitad del volumen inicial, que asciende a  $6 \times 10^8$  mL. Los métodos de ventilación de escape, sedimentación de partículas, troquelado y desinfección del aire son algunos mecanismos prominentes por los cuales a menudo se lleva a cabo la eliminación de patógenos viables en el aire; cada mecanismo de eliminación sigue una tasa de reducción de primer orden ([Nicas et al., 2005](#)). Basado en la viabilidad 3-h de SARS-CoV-2 en el aire ([van Doremalen et al., 2020](#)), los requisitos previos para la enfermedad como la exposición, inhalación, y la infección podrían ocurrir minutos o unas horas más tarde cerca y lejos de una fuente de aerosol incluso en un entorno estancado ([Bourouiba, 2020](#)).

Los tiempos reales en el aire de las gotas pueden ser mayores en un entorno en el que existen importantes flujos cruzados ([OMS, 2009](#)). Estos escenarios podrían esperarse en los centros de cuarentena y de salud (por ejemplo, con la apertura de puertas, el movimiento de la cama y el equipo, y las personas caminando de un lado a otro, constantemente). Por el contrario, las duraciones en el aire de los núcleos o aerosoles de gotas más pequeños pueden ser profundamente más cortas cuando están sujetos a una corriente descendente significativa (por ejemplo, si pasan por debajo de un respiradero de suministro de techo) ([OMS, 2009](#)). Cuando el flujo de moco o saliva se expulsa de una persona infectada, su trayectoria está determinada principalmente por el tamaño de las gotas y los patrones de flujo de aire que rigen los caminos de movimiento ([Tang et al., 2006](#)). La ley de Stokes describe la trayectoria resultante de las gotas sometidas a las fuerzas de gravedad hacia abajo y la fricción del aire hacia arriba, que rige el movimiento de las gotas en el aire ([Wells, 1934](#)). La tos y los estornudos suelen constituir una nube turbulenta de gas boyante con gotas suspendidas de varios tamaños. Las gotas más grandes siguen una trayectoria balística independientemente del flujo en la fase gaseosa, mientras que los

aerosoles son boyantes en un grado variable dentro de la nube de gas turbulenta ([Bourouiba et al., 2014](#)).

En general, existe una noción aceptada de una zona de exclusión segura de 2 m para evitar la posible transmisión de gotas de una persona infectada a un huésped susceptible; sin embargo, no existen estudios exhaustivos que respalden tal fenómeno. [Wells \(1934\)](#) ha apoyado el concepto de zona de exclusión de 2 m teniendo en cuenta la curva de evaporación y caída. [Wells \(1934\)](#) ha postulado que las gotas grandes (> 100  $\mu\text{m}$ ) caerán al suelo dentro de una distancia horizontal de 2 m de la fuente. [Xie et al. \(2007\)](#) han especulado posteriormente cálculos simples, suposiciones y datos empíricos inadecuados del estudio de Wells. [\(2007\)](#) han corroborado que para los flujos de exhalación respiratoria, las gotas más grandes (diámetro entre 60 y 100  $\mu\text{m}$ ) fueron, dependiendo de la velocidad del aire de exhalación y la humedad relativa del aire, arrastradas por más de 6 m de distancia horizontal con el aire exhalado que tiene una velocidad de 50 m/s en el punto de expiración ([Fig. 2 a](#)). Estos escenarios simulan eventos estornudos. Por el contrario, se encontró que las gotas más grandes transportaban durante más de 2 m a una velocidad de 10 m/s reordenadas en el punto de salida, simulando episodios de tos ([Fig. 2b](#)). Lo mismo para los eventos de exhalación para los que la velocidad es de 1 m/s se encontró para llevar gotas grandes sólo hasta aproximadamente 1 m horizontalmente ([Fig. 2c](#)). Otros estudios también han demostrado que cuando una persona infectada de una enfermedad respiratoria tose o estornuda, una nube de gotas portadoras de patógenos de diferentes tamaños parece salir y viaja incluso hasta 7-8 m desde el punto de origen ([Bourouiba et al., 2014](#); [Bourouiba, 2016](#)).



[Abrir en una ventana separada](#)

2

Trayectorias de gotas y aerosoles de un paciente infectado (a) evento de estornudos con gotas recorridas durante 6 m a una velocidad de 50 m/s dentro de 0,12 s (b) caso de tos con las gotas viajaron durante 2 m a una velocidad de 10 m/s dentro de 0,2 s (c) evento de exhalación con gotas recorridas durante 1 m a una velocidad de 1 m/s dentro de 1 s.

Además, los experimentos recientes realizados después del contagio de COVID-19 por [Bourouiba \(2020\)](#) y [Loh et al. \(2020\)](#) han estado de acuerdo con las conclusiones de [Xie et al. \(2007\)](#). [\(2007\)](#) han informado de que las gotas portadoras de patógenos de todos los tamaños pueden viajar durante casi 7-8 m durante los estornudos y por más de 2 m

(máximo de 4,5 m) durante la tos. Sorprendentemente, ha habido ideas contradictorias sobre la distancia que deben mantenerse entre los trabajadores sanitarios y los pacientes infectados COVID-19 [por ejemplo, 1 m ([OMS, 2020e](#)) y 2 m ([CDC, 2020b](#))]. Sin embargo, la mayoría de los estudios sobre el virus COVID-19 mencionados anteriormente se han llevado a cabo en laboratorios con dispositivos de caducidad establecidos en maniqués; por lo tanto, no se puede deducir ninguna información convincente.

[Vete a:](#)

[Vete a:](#)

#### 4. Comportamiento de gotas y aerosoles contra factores ambientales

---

Los factores ambientales más importantes que podrían afectar a la viabilidad de los microorganismos en el aire son la temperatura, la humedad, la radiación (luz solar) y el aire libre (ventilación) ([Marthi, 1994](#)). La mayoría de los virus, incluyendo SARS-CoV-2, tienen menos de 100 nm de tamaño ([Kumar y Morawska, 2019](#)). Los virus de los aerosoles pierden o ganan la viabilidad y la infectividad debido a las tensiones ambientales causadas por la temperatura, la humedad relativa y la luz solar antes de que lleguen a un huésped susceptible. La tolerancia ambiental de los aerosoles cargados de virus depende del fenotipo específico disponible, la composición de los bioaerosoles que contienen virus y su carga útil, y las características físicas en el entorno circundante ([Schuit et al., 2020](#)). Dado que los factores ambientales desempeñan un papel importante en la transmisión de cargas útiles del virus SARS-CoV-2 en diferentes ubicaciones geográficas de ambientes exteriores e interiores, es digno de explorar los efectos de los factores ambientales en la transmisión del virus SARS-CoV-2. Además, ha habido asociaciones entre la contaminación del aire representada por contaminantes atmosféricos como PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, infección O<sub>3</sub> y COVID-19 ([Zhu et al., 2020](#)). SARS-CoV-2 podría unirse con partículas y podría estar en el aire. En un ambiente interior, estas cargas virales se convierten principalmente en el aire por fuerzas advectivas impulsadas por patrones de ventilación locales y viajan más lejos a través de procesos de difusión y dispersión. [La Tabla 2](#) resume las relaciones de las cargas virales resultantes de diferentes vías de transmisión con parámetros ambientales deducidos por diversos investigadores.

##### Tabla 2

Relaciones de cargas útiles virales con parámetros ambientales.

Parámetro ambiental	Información sintetizada	Referencia
Temperatura mínima diaria con efecto retrasado de 5-7 días	Relación inversa con el número de casos diarios de SARS-CoV en Beijing y Hong Kong	<a href="#">(2007)</a>
Temperatura del aire a 4oC y humedad relativa (< 20% o > 80%)	Mayor supervivencia de las cargas útiles de los virus de la gastroenteritis transmisible y de la hepatitis de ratón durante días prolongados en superficies en ambientes interiores	<a href="#">(2010)</a>
Temperaturas de 22–25oC y humedad relativa de 40–50%,	Mayores tasas de supervivencia del SARS-CoV en superficies lisas que simulan entornos típicos con aire acondicionado	<a href="#">(2011)</a>
Temperatura a 38oC y humedad relativa > 95%	Pérdida de viabilidad del SARS-CoV, simulando los climas tropicales	<a href="#">(2011)</a>
Temperatura ambiente (16–28 oC) con retraso de tiempo de 7 días	Estimuló el crecimiento del SARS-CoV	<a href="#">Tan et al. (2005)</a>
Temperatura ambiental relacionada con períodos inesperados de días fríos y cálidos	Aumento de los casos de SARS-CoV	<a href="#">Tan et al. (2005)</a>

Parámetro ambiental	Información sintetizada	Referencia
Condiciones de baja temperatura/baja humedad incluso después de 48 h (20 oC y 40% de humedad relativa)	Cargas útiles más estables y viables del MERS-CoV	<a href="#">por Doremalen et al. (2013)</a>
Temperaturas de aire más bajas (6oC) y menor humedad relativa (30%) que a una humedad relativa más alta	Mayor supervivencia de los coronavirus en superficies	<a href="#">(1985); (2007)</a>
Temperaturas de aire más bajas (6 oC)	Mejora de la supervivencia viral	<a href="#">Harper (1961)</a>
Temperatura diurna	Relación positiva de los recuentos diarios de muerte de pacientes con SARS-CoV	<a href="#">(2019)</a>
Bajas temperaturas en ausencia de luz ultravioleta y humedad relativa diferente	Inactivación más lenta del virus de la gripe	<a href="#">(2018); (2007); (2012); Skinner y Bradish (1954); (2012)</a>
Temperatura y humedad durante la temporada de invierno en países templados, en la temporada de lluvias, o donde hubo cambios estacionales repentinos en los países tropicales	Fuerte asociación de la tasa de transmisión del virus de la gripe	<a href="#">(2014); (2012); (1962); (2006)</a>



Parámetro ambiental	Información sintetizada	Referencia
Humedad absoluta	Asociación negativa con los recuentos diarios de supervivencia de los pacientes con gripe	<a href="#">Metz y Finn (2015)</a>
Temperatura fría y baja humedad relativa	Estimular la transmisión de la gripe	<a href="#">(2007)</a>
Temperatura a 30oC y con toda humedad	Sin asociación con la transmisión de la gripe	<a href="#">(2008)</a>
Humedad absoluta	Aumento invernal en la transmisión del virus de la gripe y la supervivencia del virus de la gripe	<a href="#">Chamán y Kohn (2009)</a>
Humedad absoluta	No hay una correlación fuerte con la transmisión aérea del virus de la gripe	<a href="#">(2010)</a>
Temperatura y humedad relativa	Fuerte correlación con la transmisión aérea del virus de la gripe	<a href="#">(2010)</a>
Luz solar	Relación negativa con la supervivencia y la infectividad de varios virus	<a href="#">(2018)</a> ; <a href="#">Rze-utka and Cook (2004)</a> ; <a href="#">Tang (2009)</a> ; <a href="#">(2018)</a>

Parámetro ambiental	Información sintetizada	Referencia
Luz solar natural y simulada	Pérdida significativa de infectividad del virus de la gripe en suspensiones líquidas y aerosoles	<a href="#">(2020)</a> ; <a href="#">Skinner y Bradish (1954)</a>
Luz solar natural y simulada	Alta sensibilidad de la supervivencia del SARS-CoV	<a href="#">Tseng y Li (2007)</a> ; <a href="#">OMS (2004)</a>
Luz solar natural y radiación UV	Decae la viabilidad del SARS-CoV	<a href="#">(2020)</a>
60 min de exposición a > 90 W/cm <sup>2</sup> de luz UV-C a una distancia de 80 cm	Pérdida de viabilidad del SARS-CoV	<a href="#">(2003)</a>
15 min de exposición a luz UV-C (> 90 W/cm <sup>2</sup> ) a una distancia más cercana (< 80 cm)	Alta eficiencia de la inactivación del SARS-CoV	<a href="#">Darnell (2004)</a>
Ventilación interior inadecuada	Mayor riesgo de infección de SARS-CoV en hospitales improvisados	<a href="#">OMS (2009)</a>
Con > 12 cambios de aire por hora (ACH) (por ejemplo, equivalentes a > 80 L/s para una sala de 24 m <sup>3</sup> ) y dirección controlada del flujo de aire	Bajo riesgo de infectividad de enfermedades virales en una sala de precaución aérea	<a href="#">AIA (2001)</a> ; <a href="#">Mayhall (2004)</a> ; <a href="#">Wenzel (2003)</a> ; <a href="#">OMS (2007)</a>

Parámetro ambiental	Información sintetizada	Referencia
<p>Presión negativa de &gt; 2,5 Pa, un flujo de aire que tiene una diferencia entre el escape a suministrar &gt; 125 cfm (56 L/s), flujo de aire limpio a sucio, &gt; 12 ACH para un nuevo edificio, y &gt; 6 ACH en edificios existentes para un edificio antiguo, y para agotar el exterior, o un filtro HEPA si se recircula el aire</p>	<p>Bajo riesgo de infectividad en una sala de aislamiento de infecciones en el aire</p>	<p><a href="#">CDC (2003)</a></p>
<p>Temperatura ambiente (&lt; 3 oC)</p>	<p>Asociación positiva del número diario de casos SARS-CoV-2</p>	<p><a href="#">Zhu y Xie (2020)</a></p>
<p>Temperatura ambiente media diaria</p>	<p>Correlación negativa significativa con SARS-CoV-2 para los países del hemisferio norte</p>	<p><a href="#">(2020)</a></p>
<p>Temperatura mínima, temperatura máxima, humedad relativa y cantidad de lluvia</p>	<p>No hay correlación significativa con SARS-CoV-2</p>	<p><a href="#">(2020)</a></p>
<p>Aumento de la temperatura media diaria ambiente hasta alrededor de 13 oC</p>	<p>Asociación negativa del número diario de casos SARS-CoV-2</p>	<p><a href="#">(2020)</a>; <a href="#">Wang et al. (2020b)</a></p>
<p>Temperatura diurna y humedad absoluta</p>	<p>Asociaciones positivas y negativas con recuentos diarios de muerte de pacientes CON COVID-19</p>	<p><a href="#">(2020)</a></p>

Parámetro ambiental	Información sintetizada	Referencia
Mala ventilación (aproximadamente 150 m <sup>3</sup> por hora por persona)	Alta infección en hospitales improvisados en la provincia de Hubei, China	<a href="#">Chen y Zhao (2020)</a>
Aumento de la temperatura y la humedad	No hay una relación marcada con los casos SARS-CoV-2 en el hemisferio norte en los meses de primavera y verano	<a href="#">(2020)</a>
Alta temperatura y alta humedad	Número reproductivo reducido (R) de COVID-19 en China y EE.UU.	<a href="#">(2020a)</a>
Cambios de temperatura	No hay correlación significativa con casos SARS-CoV-2 transmitidos, muertes o recuperaciones	<a href="#">Stanam et al. (2020)</a>
Temperatura y humedad	Asociación de infectividad del SARS-CoV-2 con temperatura pero sin asociación con la humedad	<a href="#">Gupta (2020)</a>
Humedad	Correlación directa y positiva con la mortalidad POR COVID-19	<a href="#">Li (2020)</a>
Temperatura ambiente y humedad relativa	Afectado en la tasa de crecimiento de los brotes de COVID-19	<a href="#">Chaudhuri et al. (2020)</a>

Parámetro ambiental	Información sintetizada	Referencia
Temperatura, humedad y radiación UV-B	Mayores riesgos de transmisión para COVID-19	<a href="#">(2020a)</a>
Aumento de la temperatura y la humedad	Incidencias COVID-19 parcialmente suprimidas	<a href="#">(2020)</a>
Contaminantes del aire (PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>10</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>2</sub> y O <sub>3</sub> )	La exposición a corto plazo a contaminantes atmosféricos (PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>10</sub> , CO, NO <sub>2</sub> y O <sub>3</sub> ) se asocia con un mayor riesgo de infección por COVID-19; la exposición a corto plazo a una concentración más alta de SO <sub>2</sub> se asocia a una disminución del riesgo de infección por COVID-19;	<a href="#">Zhu et al. (2020)</a>

[Abrir en una ventana separada](#)

[Vete a:](#)

[Vete a:](#)

## 5. Salvaguardias contra la transmisión de gotas y aerosoles

La transmisión de gotas y aerosoles tiene implicaciones significativas en los trabajadores sanitarios y cuidadores que gestionan pacientes infectados con COVID-19, y proporcionar un EPP adecuado es, por lo tanto, de suma importancia. Las mascarillas juegan un papel importante en la prevención de que tanto las gotas como los aerosoles transmitan la enfermedad de una persona infectada a un huésped. Las mascarillas faciales son populares en el control y la prevención de la transmisión del virus, especialmente en relación con síndromes respiratorios graves como SARS-CoV, MERS-CoV y SARS-CoV-2, ya que la ausencia de cualquier vacunación o tratamientos antiinfecciosos específicos ([Long et al., 2020](#)). La máscara quirúrgica, el respirador N95 y el respirador elastomérico han sido populares entre muchos países con un grado diferente de éxito contra el virus COVID-19. Además, con mayor demanda de máscaras en muchos países, las máscaras más sofisticadas

han sido experimentadas por varios investigadores ([Balachandar et al., 2020](#); [Leung y Sun, 2020](#)). Las máscaras quirúrgicas y los respiradores N95 son muy populares y omnipresentes entre millones de personas en todo el mundo como el EPP para COVID-19, pero se cree que las máscaras quirúrgicas no impiden la transmisión de aerosoles, y se reconoce que los respiradores N95 previenen la transmisión de aerosoles y gotas ([Derrick y Gomersall, 2005](#); [Leung et al., 2020](#); [Sandaradura et al., 2020](#)).

El virus de la gripe viva en el aire de, delante y detrás de todas las máscaras quirúrgicas se han probado, y los resultados indican que una máscara quirúrgica reducirá la exposición al virus de la gripe infecciosa aerosolizada (promedio 6 veces), dependiendo del diseño de la máscara ([Booth et al., 2013](#)). Otro estudio sobre máscaras ha manifestado que cuando se aplica a personal sanitario ambulatorio, no hubo diferencia significativa en las prestaciones entre los respiradores N95 y las máscaras médicas para la incidencia de la gripe confirmada por laboratorio ([Radonovich et al., 2019](#)). ([2020](#)) han corroborado que el uso de respiradores N95 en comparación con máscaras quirúrgicas no se asoció con un menor riesgo de gripe confirmada por laboratorio. Este estudio señaló que los respiradores N95 no eran necesarios para el público en general y el personal médico de alto riesgo aquellos que no estaban en estrecho contacto con pacientes de gripe o pacientes sospechosos ([Long et al., 2020](#)). La dicotomía no resuelta en la vía de transmisión por gotas y aerosoles cargados de virus sugirió que el uso de respiradores para los trabajadores sanitarios contra el SRAS era muy recomendable que las máscaras quirúrgicas convencionales que eran ineficaces contra los aerosoles ([Garner, 1996](#); [Wenzel y Edmond, 2003](#)).

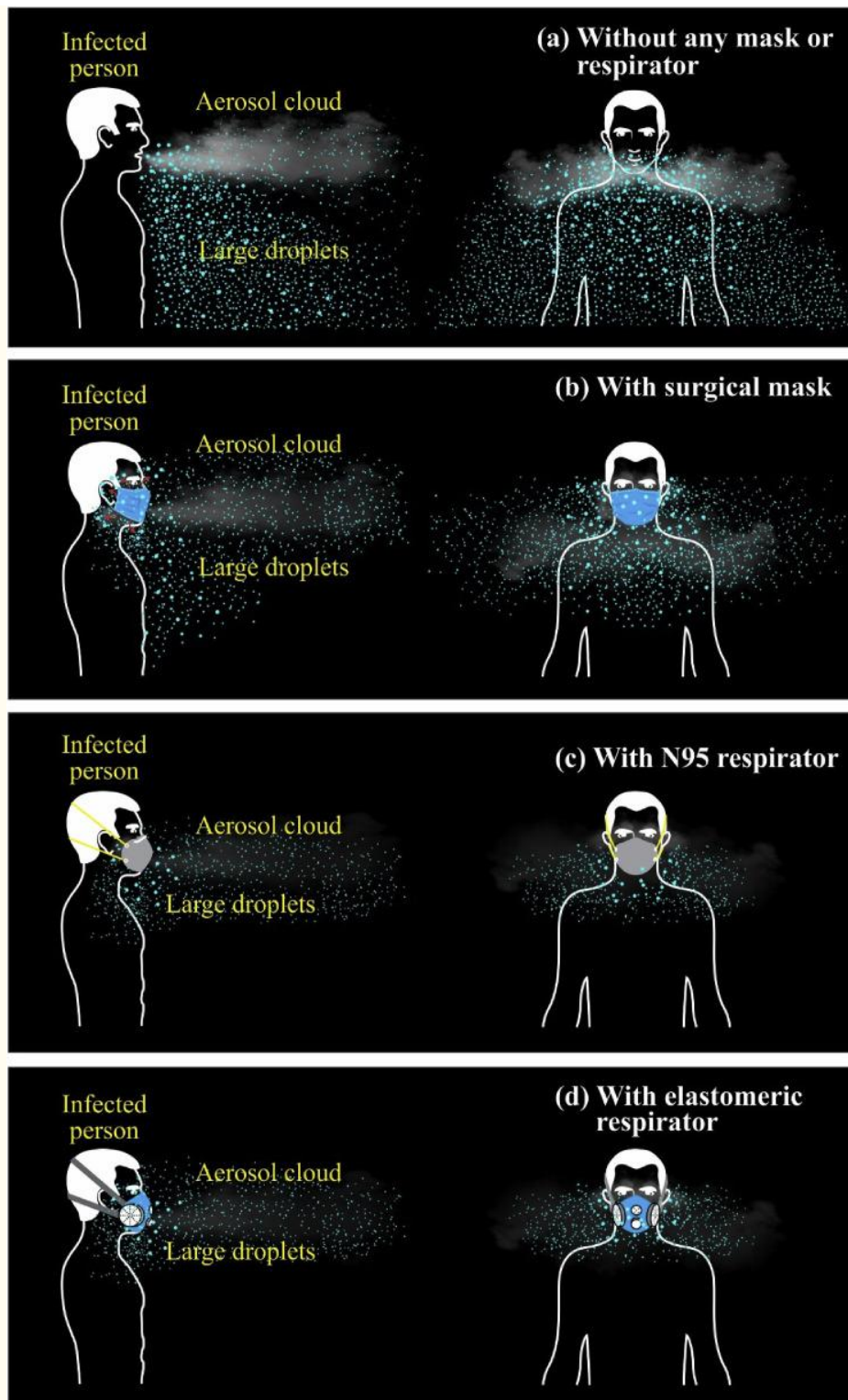
Con la inesperada escalada de los casos COVID-19 en todo el mundo, ha habido una escasez en el suministro de máscaras, y en consecuencia, el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades, EE.UU., ha modificado sus directrices sobre máscaras con la inclusión de telas caseras o máscaras de tela para ser usadas en áreas públicas. El uso de máscaras puede ser 2 veces: controlar la penetración de gotas de una persona infecciosa en el tracto respiratorio de un huésped susceptible, y controlar las gotas que salen de un paciente infectado. Sin embargo, la eficacia del uso de máscaras para el control de la transmisión de aerosol cargado de SARS-CoV-2 de una persona infectada a un huésped susceptible es incierta y no totalmente concebible. Se ha sabido que diferentes máscaras comerciales tienen diferentes eficiencias en el control de la transmisión de agentes infecciosos. En general, se proporcionan respiradores N95 para evitar que los usuarios inhalen pequeñas partículas en el aire (aerosoles) y deben ajustarse firmemente a la cara del usuario. Las máscaras quirúrgicas se utilizan a menudo para proteger a las personas de la transmisión de gotas más grandes y encajar libremente a la cara del usuario ([Lawrence et al., 2006](#); [Zhiging et al., 2018](#)).

Cumpliendo con la norma europea EN 149:2001, se han utilizado tres tipos diferentes de respiradores de partículas desechables conocidos como facepiece filtrante (FFP1), FFP2 y FFP3 para controlar SARS-CoV-2. El FFP1 se refiere al menor filtrado de las tres máscaras con una filtración en aerosol de al menos el 80% y fugas al interior de un máximo del 22%. Esta máscara se utiliza principalmente como una máscara de polvo. Las máscaras FFP2 tienen un mínimo de 94% de

filtración y un máximo de 8% de fuga al interior. Los profesionales sanitarios a menudo los usan contra los virus de la gripe, creyendo que protegen contra la transmisión de aerosoles. Las máscaras FFP2 también se utilizan para la protección contra el SARS-CoV-2. Las máscaras FFP3 son las mejores en partículas filtrantes y se recomiendan contra la contracción de SARS-CoV-2. Con una filtración mínima del 99% y una fuga máxima del 2% en el interior, las máscaras FFP3 protegen al huésped susceptible contra la contracción de la enfermedad causada por partículas muy finas como aerosoles cargados de virus de una persona infectada.

Otro estudio que compara la eficiencia de las máscaras caseras, máscaras quirúrgicas y máscaras FFP2 estándar ha corroborado que las máscaras quirúrgicas proporcionaron aproximadamente el doble de protección que las máscaras caseras ([van der Sande et al., 2008](#)). Las máscaras FFP2 se observaron para proporcionar a los adultos unas 50 veces más protección que las máscaras caseras, y 25 veces en comparación con las máscaras quirúrgicas ([van der Sande et al., 2008](#)). Del mismo modo, otro estudio ha elaborado que una máscara quirúrgica (que filtraba el 89% de las partículas virales) era aproximadamente tres veces mejor en el control de la transmisión viral que la de una máscara casera hecha de una camiseta y una toalla de algodón (Davies et al. [2013](#)). [\(2013\)](#) han iterado además que una máscara casera sólo debe considerarse como un último recurso para evitar la transmisión de gotas de individuos infectados, pero con un éxito limitado. Los respiradores elastoméricos sirven como una alternativa al uso desechable del respirador N95 en la atención médica, ya que ambos tienen eficiencias similares en el filtrado de SARS-CoV-2. La principal ventaja de los respiradores elastoméricos es el potencial de reutilización con una limpieza adecuada. [\(2020\)](#) han llevado a cabo experimentos en el desarrollo de un novedoso filtro de nanofibra PVDF cargado para capturar partículas de aerosol de manera eficaz.

[3](#) representa las trayectorias de gotas y aerosoles de un paciente infectado en caso de tos con diferentes máscaras y respiradores desgastados. Con las máscaras quirúrgicas usadas, se podría prever una fuga de gotas de entre el 20 y el 30 % y una gran parte de aerosoles, particularmente de los lados sueltos ([Fig. 3b](#)). Con N95 y respiradores elastoméricos desgastados, se podría esperar una fuga del 5% de gotas y una nube de aerosoles ([Fig. 3c y d](#)). Ninguna de estas máscaras está garantizada para cortar el SARS-CoV-2 completamente; por lo tanto, el distanciamiento social es vital para ser adoptado, especialmente en el ambiente interior. Con el inicio de la pandemia COVID-19, muchos investigadores han estado en el desarrollo de mecanismos de filtrado eficaces para combatir la transmisión de aerosol cargados con SARS-CoV-2; sin embargo, hasta principios de mayo de 2020, no se ha desarrollado ningún EPP prometedor para reducir dicha transmisión.



[Abrir en una ventana separada](#)

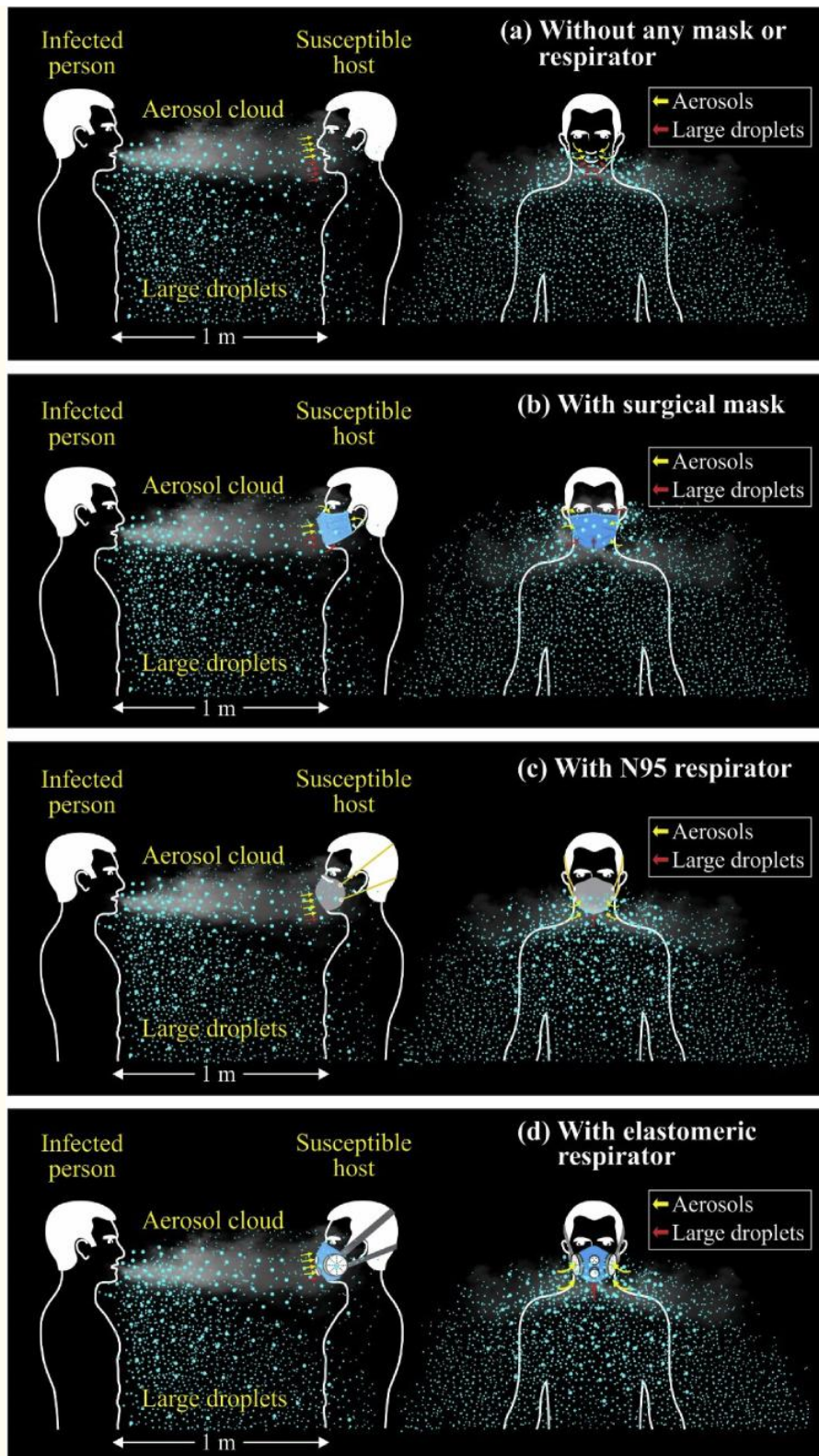
3

Trayectorias de gotas y aerosoles de un paciente infectado en caso de tos con diferentes máscaras y respiradores usados (a) sin máscara ni respirador (b) con mascarilla quirúrgica (c) con respirador N95 (d) con respirador elastomérico reutilizable.

Mientras tanto, es imperativo explorar situaciones en las que un paciente infectado tose sin ninguna máscara usada, y un huésped susceptible inhala el penacho



resultante de gotas y aerosoles con diferentes máscaras usadas a una distancia de 1 m (Fig. 4 ). Como se muestra en la Fig. 4a, el huésped sin una máscara usada recibe una carga útil considerable de virus por lo que es muy probable que se infecte. Sin embargo, con una mascarilla quirúrgica usada, puede, durante la inhalación, filtrar en 20–30% de la carga útil de los virus con una menor propensión a infectarse (Fig. 4b). Tal carga útil puede tener más de un par de cientos de SARS-CoV-2, que se cree que es adecuado para inculcar el COVID-19 entre las personas expuestas. El huésped que lleva N95 o respirador elastomérico reutilizable puede no recibir en más del 5%, lo que puede constituir, sin embargo, más de unos pocos cientos de cargas útiles del virus (Fig. 4c y d). La probabilidad de infectarse en un escenario de este tipo sigue siendo positiva, aunque es muy minúscula. Ninguna de estas máscaras está, sin embargo, garantizada contra el SARS-CoV-2.



[Abrir en una ventana separada](#)

4

Trayectorias de gotas y aerosoles inhalados por un huésped susceptible con diferentes máscaras y respiradores usados en caso de tos por un paciente infectado (a) sin máscara o respirador (b) con mascarilla quirúrgica (c) con respirador N95 (d) con respirador elastomérico reutilizable.

## Parte 2:

[Vete a:](#)

[Vete a:](#)

### 6. Comportamiento aerodinámico de gotas y aerosoles cargados de SARS-CoV-2 en diferentes espacios confinados

---

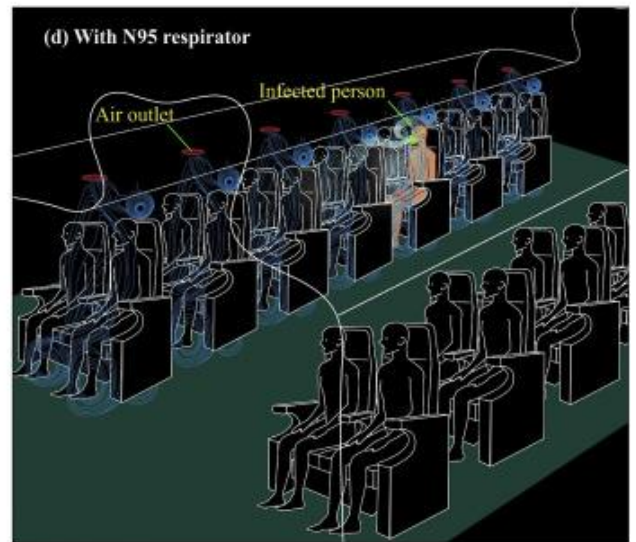
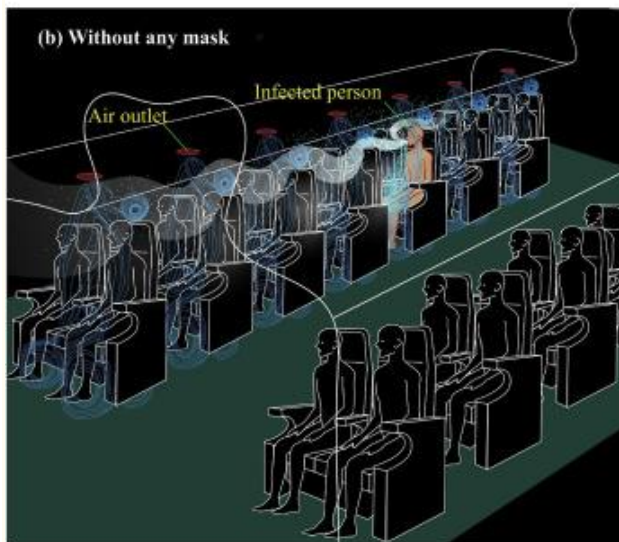
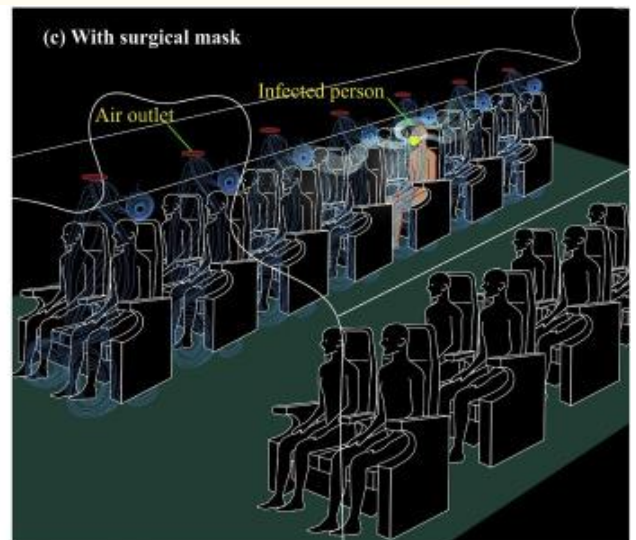
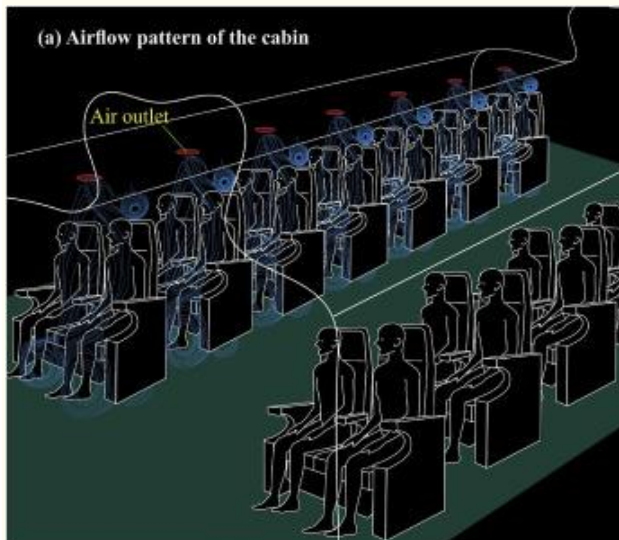
Se informa que muchas personas contraen el COVID-19 en espacios confinados. Por lo tanto, vale la pena describir cómo tales fenómenos ayudan a intensificar la ocurrencia masiva del COVID-19 en diferentes espacios confinados bajo diferentes condiciones microclimáticas. En este sentido, se seleccionaron tres espacios confinados, como el interior de la cabina de un avión, el espacio interior de un automóvil y el espacio común tipo dormitorio de un centro sanitario o de aislamiento.

#### 6.1. Cabina de avión

Dado que más de dos mil millones de personas viajan en vuelos comerciales cada año ([Silverman y Gendreau, 2009](#)), el comportamiento de SARS-CoV-2 en la cabina es primordial para ser entendido. Los viajeros aéreos pasan largos períodos en espacios cerrados, incluso durante más de 10 h, lo que generalmente facilita un entorno propicio para la propagación de enfermedades infecciosas. Se ha realizado un amplio modelado aerodinámico para obtener una idea de cómo el boyante chorro de tos por una persona infectada de una enfermedad respiratoria se propaga en la cabina de un vuelo ([Redrow et al., 2011](#); [Yang et al., 2017](#)). La hipótesis sobre las zonas más afectadas dentro de la cabina, por lo tanto, se destaca a continuación.

La cabina de un vuelo suele estar provista de flujo de aire desde las salidas de aire de la cabina y tomas de corriente individuales ubicadas en el compartimiento superior que recorre la longitud de la cabina. Una hoja de flujo de aire típicamente en forma de un chorro con temperaturas más bajas ( $< 25$  °C) se proyecta hacia abajo, y encuentra su camino hacia la parte inferior de la cabina (parrillas de aire de retorno ubicadas en las paredes laterales) desde la que va a la zona del suelo. Sin embargo, mirando una imagen más detallada, hay dos campos de flujo de aire típicos desarrollados ([Fig. 5 a](#)). La primera zona llamada zona de chorro, establecida en las zonas de cubierta superior de la cabina, se caracteriza en términos de circulaciones a gran escala, mientras que la zona de colisión que se encuentra en la zona del piso medio y inferior se caracteriza por interacciones de dos chorros laterales ([Li et al., 2017](#)) ([Fig. 5a](#)). En general, se proporcionan alrededor de 3,6–7,4 L/s de aire por pasajero, de los cuales la mitad del volumen es el aire filtrado y recirculado, y la otra mitad es aire exterior ([Bagshaw e Illig, 2019](#)). Tal arreglo trae en un intercambio de aire de cabina completa cada dos a 3 minutos (20-30 cambios de aire por hora (ACH)) ([Bagshaw e Illig, 2019](#)). El alto tipo de cambio de aire controla los gradientes de temperatura, previene las zonas frías estancadas, mantiene la calidad del aire y disipa las cargas útiles de las gotas y aerosoles cargados de virus. En un avión típico, el aire recirculado pasa a través de filtros de aire de partículas de alta

eficiencia (HEPA), con los que más del 99,97% de las partículas caracterizadas por un diámetro aerodinámico de 0,3  $\mu$ m podrían ser retiradas de la entrada de aire de la cabina. Las gotas y aerosoles exhalados de los pasajeros y la tripulación a menudo aumentan la humedad a un promedio de 6-10%, que está por debajo del 20% normalmente aceptado como nivel de confort (de Ree et al., 2000).



[Abrir en una ventana separada](#)

5

Trayectorias de gotas y aerosoles de un paciente infectado en caso de tos en un patrón de flujo de aire de la cabina sin ninguna expiración del chorro de tos (b) sin ninguna máscara (c) con máscara quirúrgica (d) con respirador N95.

En las cabinas de vuelo, debido al ambiente densamente lleno, se espera que el chorro de tos liberado por una persona infectada con SARS-Cov-2 rompa el flujo de aire local, en particular la zona de chorro, y viaje tanto hacia adelante como hacia atrás en la proximidad del punto de salida (Fig. 5b). Dado que la velocidad de salida de la expiración violenta (tos) es de alrededor de 10 m/s, las gotas pueden viajar de

cuatro a cinco asientos por delante, y la nube de aerosol podría ir aún más lejos (Fig. 5b). Sin embargo, no se espera ningún movimiento lateral excepto el pasajero inmediato a ambos lados. A diferencia del movimiento hacia adelante, hay un movimiento hacia atrás de gotas típicamente por un asiento, pero el movimiento del aerosol puede ser más. Este fenómeno ilustra que entre cinco y diez personas podrían infectarse con la enfermedad con una persona infectada a bordo. Sin embargo, la propensión a enfermarse por la exposición a un penacho de aerosoles producidos por el chorro de tos no se entiende bien, y el número real de casos contraídos puede estar lejos de registrarse. El movimiento Browniano seguido por el movimiento del chorro de aire gobierna el penacho del aerosol, después de la dispersión del transporte advectivo. Este movimiento apoya una aglomeración de aerosoles cargados de virus en fomitas a nivel de pasajeros. Por lo tanto, es crucial decidir por todas las compañías aéreas que tales focos sospechosos, como papeles, revistas, almohadas y mantas, se eliminen tal vez sometidas a destrucción térmica hasta que la pandemia COVID-19 retroceda.

5c ilustra cómo la trayectoria del chorro de tos viaja con el paciente equipado con una máscara quirúrgica. Con la máscara quirúrgica desgastada, las gotas están destinadas a viajar hasta uno-dos asientos hacia adelante, y un asiento hacia atrás. Tales fenómenos tal vez debido a la salida del chorro de cualquiera de los lados de la máscara, ya que la máscara no es lo suficientemente apretado en ambos lados. Sin embargo, la nube de aerosoles viajará lejos de dos asientos delanteros y un asiento detrás por el movimiento Brownian junto con las trayectorias de flujo de aire de la cabina. Las agilizars del flujo de aire generalmente se dirigen hacia abajo para que haya una contribución de aerosoles cargados de virus de vuelta a las personas a bordo. La ilustración de la Fig. 5d es más o menos la misma que la de 5c, con la excepción de que tanto las gotas como los aerosoles no viajan lejos. Con la máscara N95 desgastada, un paciente infectado arroja gotas hacia adelante y hacia atrás por un asiento y más de un asiento para aerosoles. El comportamiento de los aerosoles cargados de virus como resultado de un chorro de tos aún no se ha modelado aerodinámicamente con una precisión razonable; por lo tanto, el nivel real de impacto que un solo chorro de tos prevé no podría ser simulado bien. Sin embargo, existen pruebas que muestran un riesgo profundo de que COVID-19 se propague en un avión cuando un paciente sintomático o incluso asintomático está a bordo. Además, los factores ambientales como la humedad relativa moderadamente baja (50%), la baja temperatura (< 25 oC) y el ACH moderado (< 30 por hora) establecerían la plataforma para que el SARS-CoV-2 se mantuviera durante períodos prolongados dentro de la cabina. Por lo tanto, son primordiales directrices estrictas para la minimización de estos eventos pandémicos.

## 6.2. Coche de pasajeros

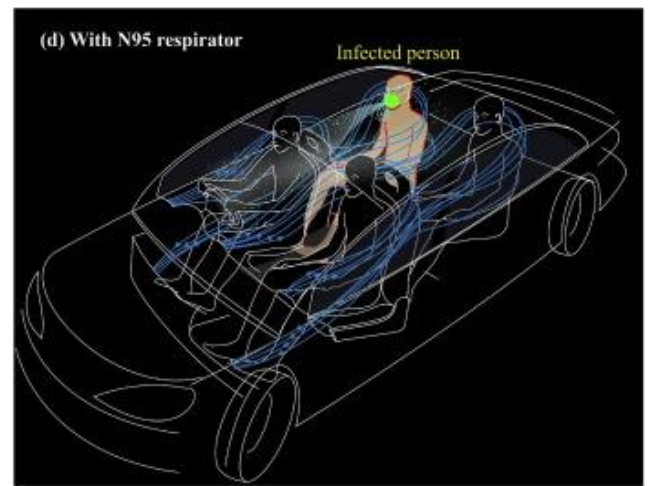
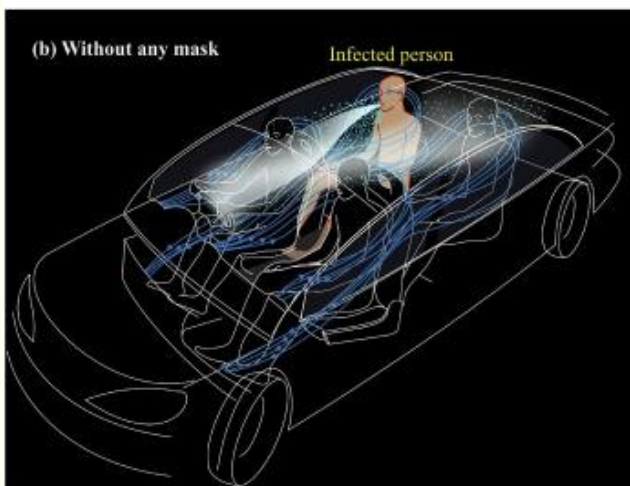
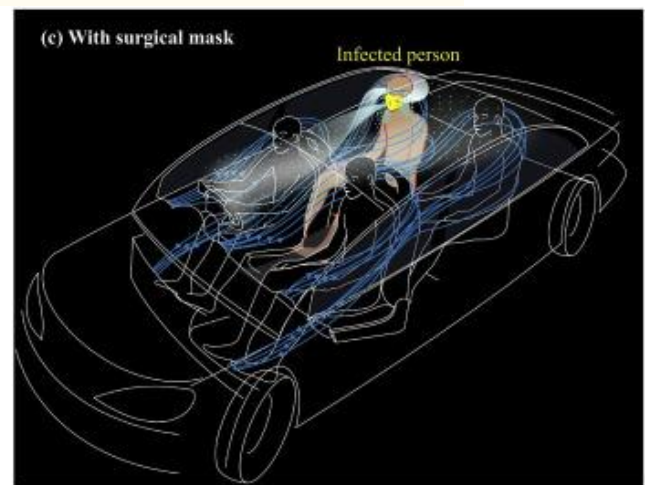
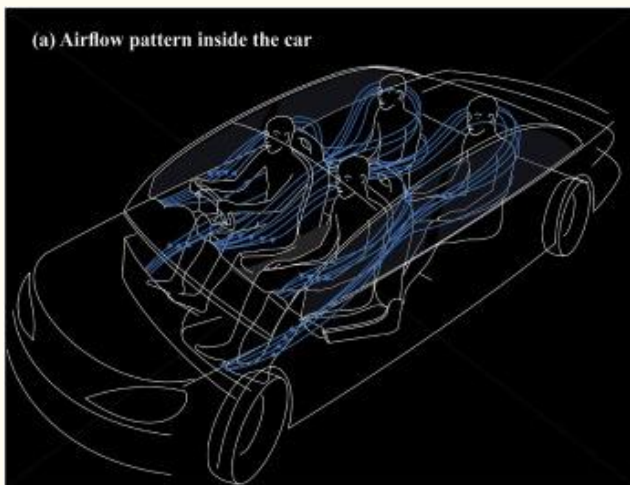
La Organización Internacional de Fabricantes de Vehículos Motorizados (OICA) ha estimado que más de mil millones de turismos viajan por carreteras en 2019 en todo el mundo, lo que indica que una de cada siete personas del mundo tiene un automóvil de pasajeros. Cuando el mundo vuelva a la normalidad levantando el

actual estado de bloqueo, la gente recurrirá a viajar en turismos y, en consecuencia, habrá una propensión a difundir el COVID-19 a menos que se tomen precauciones. Por lo tanto, aportamos una hipótesis para ilustrar las mejores formas posibles de evitar que el COVID-19 se propague mientras viaja en un coche de pasajeros.

Un atributo crucial que soporta la propagación de COVID-19 es la tasa de ventilación interior en el vehículo de pasajeros, generalmente expresada en ACH, que depende de la velocidad vehicular, el ajuste de ventilación y las posiciones de las ventanas ([Ott et al., 2007](#)). [\(1992\)](#) han estimado que con el sistema de aire acondicionado (AC) apagado, el ACH para un vehículo estacionario estaba en el rango de 0.42-1.09 por hora. Con el aire acondicionado encendido, ACH estaba entre 1.96 y 3.23 por hora, y con el aire acondicionado apagado y los ventiladores encendidos, variaba en el rango de 8.7-10.7 por hora. [Park et al. \(1998\)](#) con las ventanas cerradas y sin ventilación mecánica, han informado del ACH entre 1,0 y 3,0 por hora, y con la ventilación establecida en la recirculación, entre 1,8 y 3,7 por hora. Con las ventanas cerradas y el ventilador al aire libre, el ACH estaba entre 13,3 y 26,1 por hora, y con ventanas abiertas, pero sin ventilación mecánica, el ACH osciló entre 36,2 y 47,5 por hora ([Park et al., 1998](#)). [\(2002\)](#) han medido el ACH dejando que el vehículo se mueva con una velocidad media de 29 km/h y han encontrado que con la ventana abierta y el sistema de ventilación apagado, un ACH de 71 por hora, con el sistema de ventilación encendido y las ventanas cerradas, 60 por hora, y cuando se apagó el sistema de ventilación, 4.9 por hora.

Tras el estudio realizado por [Khatoon y Kim \(2020\)](#), se muestra un patrón típico de velocidad dentro de la cabina vehicular con un nivel moderado de ACH asignado a un vehículo que se mueve a una velocidad moderada en condiciones de "AC on and windows closed" en la [Fig. 6 a](#). [6a](#) ilustra que el aire enfriado viaja a los asientos traseros y regresa hacia el frente a cada lado en un nivel inferior. En tales circunstancias, una persona infectada sentada en el asiento trasero puede toser y el chorro de tos resultante en forma de gotas y un penacho de aerosoles (con una velocidad media de 10 m/s; humedad relativa < 50%; temperatura < 25 oC; ACH < 60 por hora) se extiende hacia el asiento delantero, y el penacho de aerosoles puede caer los fenómenos de transporte advectivo con velocidades más bajas y dejarse llevar por las aerodinámicas de velocidad existentes una vez más hacia los asientos traseros ([Fig. 6b](#)). Tales fenómenos pueden exponer a todos los pasajeros en el vehículo, y el riesgo de contraer la enfermedad parece ser alto. Se han notificado dos de esos casos en Sri Lanka, donde un pasajero infectado había viajado sentado en el asiento trasero en un coche alquilado durante un período no superior a 1 h con aire acondicionado y ventanas cerradas, y posteriormente se informó que el conductor se infectó del COVID-19. El otro caso fue reportado que una persona había acompañado a uno de sus hermanos (una persona asintomática) en su coche con aire acondicionado encendido y ventanas cerradas durante más de 15 minutos. Tales situaciones parecen estar un poco controladas cuando la persona infectada lleva una máscara quirúrgica. Sin embargo, el factor de riesgo sigue siendo el mismo, ya que los cabos sueltos de la máscara arrojan tanto gotas como

aerosoles, aunque la espiración de la parte frontal de la máscara se reduce sustancialmente (Fig. 6c). Por el contrario, cuando el pasajero infectado está equipado con un respirador N95, en las mismas condiciones, puede salir una carga útil diminuta de gotas y una débil nube de aerosoles (Fig. 6d). Sin embargo, debido a la circulación dentro de la cabina, no se puede descartar que no haya ningún elemento de riesgo. Por lo tanto, se podría construir una hipótesis especulando que viajar en un vehículo de pasajeros con personas a bordo en condiciones de aire acondicionado y ventana cerrada, tiene un factor de riesgo discernible de infectar a los huéspedes susceptibles, aunque se usan máscaras.



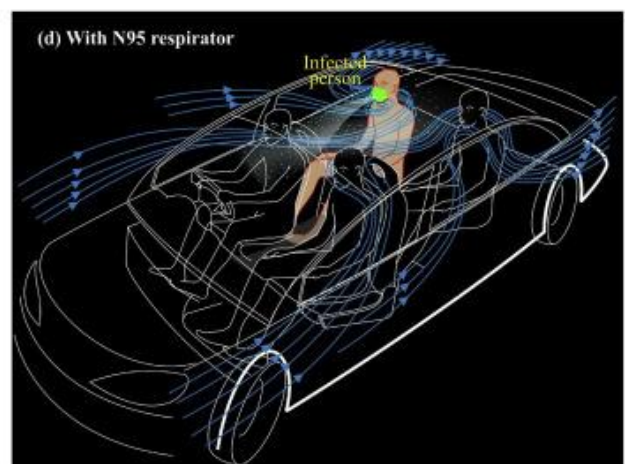
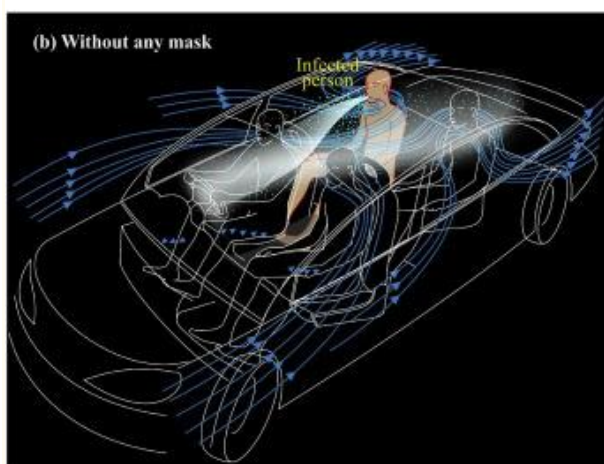
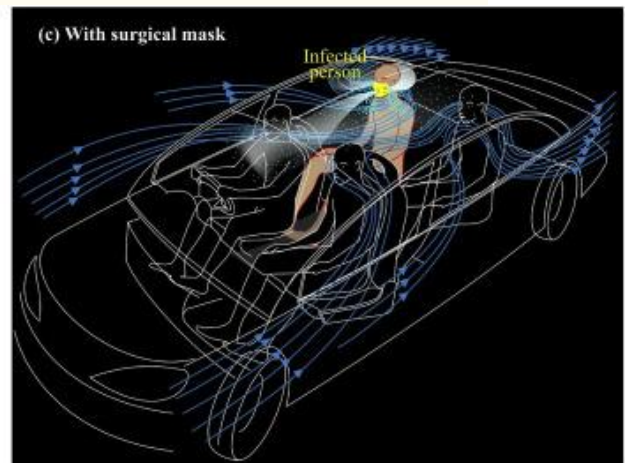
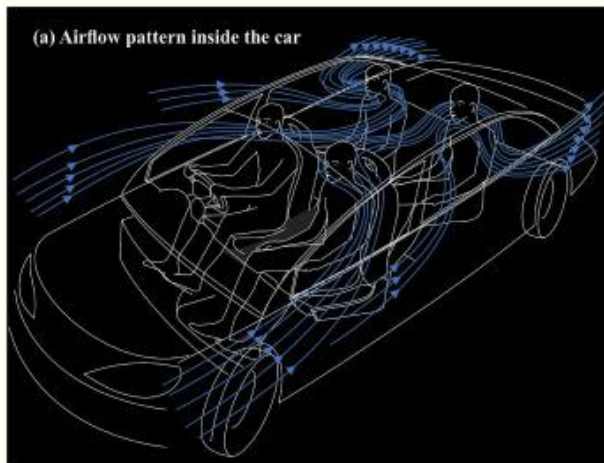
[Abrir en una ventana separada](#)

## 6

Trayectorias de gotas y aerosoles de un paciente infectado en caso de tos en un coche con aire acondicionado encendido (a) patrón de flujo de aire dentro del coche sin ninguna espiración del chorro de tos (b) sin ninguna máscara (c) con máscara quirúrgica (d) con respirador N95.

Cuando un coche de pasajeros se mueve a cierta velocidad con las ventanas abiertas, las aerodinámicas de velocidad se generan desde las ventanas delantera y trasera, y finalmente, barriendo a los pasajeros a bordo, salen de la cabina de las

ventanas traseras(Fig. 7 a). Estos fenómenos de transporte se simulan utilizando dinámicas de fluidos computacionales, pero se investiga mal la información detallada sobre el comportamiento de las agilizaciones en diferentes entornos ambientales. En el caso de los turismos con ventanas abiertas, se podrían esperar diferentes comportamientos en función de los entornos medioambientales que prevalezcan en diferentes regiones geográficas. En otras palabras, los entornos ambientales para climas templados como Asia Oriental, Europa y América del Norte (humedad relativa < 50%; temperatura < 25 oC; ACH > 60 por hora) y los climas tropicales, incluyendo el sudeste asiático, Africa y América del Sur (humedad relativa > 50%; temperatura > 25 oC; Se podía esperar ACH > 60 por hora). Los estudios realizados sobre el sustento del SARS-CoV-2 han manifestado que puede haber una mejor posibilidad de que los chorros de tos cargados de virales se mantengan en climas templados que en climas tropicales, ya que la mortalidad diaria de COVID-19 se ha asociado positivamente con el rango de temperatura diurna, pero negativamente con la humedad absoluta (Ma<sup>et al.</sup> 2020).



[Abrir en una ventana separada](#)

7

Trayectorias de gotas y aerosoles de un paciente infectado en caso de tos en un coche con las ventanas abiertas (a) patrón de flujo de aire dentro del coche sin ninguna expiración



del chorro de tos (b) sin ninguna máscara (c) con máscara quirúrgica (d) con respirador N95.

[7b](#) muestra cómo se comporta el chorro de tos en un coche de pasajeros con las ventanas abiertas y el aire acondicionado apagado cuando el coche se mueve a una velocidad inferior a 30 km/h. En tales condiciones, las gotas caen en toda la longitud del vehículo, mientras que el aerosol-nube conduce hacia la parte delantera y regresa con el flujo de aire se agiliza, extendiendo el penacho de aerosol cada parte de la cabina en poco tiempo. Cuando el coche se mueve a velocidades más altas (> 30 km/h) con los mismos entornos ambientales, las gotas no viajan lejos y confinadas a un espacio limitado (incluso no más allá del asiento del conductor), pero la nube de aerosol se desviará lejos y finalmente sale de las ventanas traseras. Las explicaciones dadas en este documento restringen el análisis sólo para el caso en que la velocidad es inferior a 30 km/h, ya que tales velocidades se convierten en el peor escenario para el sustento del virus SARS-CoV-2.

El ambiente de la cabina se vuelve mucho mejor cuando la persona infectada lleva una máscara quirúrgica durante el viaje ([Fig. 7c](#)). Parece que sólo una carga útil mínima de gotas que se derraman desde el frente, pero una carga considerable puede provenir de cada lado de la máscara, ya que la máscara quirúrgica generalmente se ajusta libremente a la cara. Por el contrario, la nube de aerosoles todavía puede viajar a la zona frontal de la cabina y regresa con el flujo de aire procedente de fuera del vehículo. Sin embargo, el flujo de aire de la cabina aerodinámico expulsa este penacho cargado de virus de la cabina en cuestión de segundos. El entorno de la cabina mejora aún más cuando la persona infectada lleva un respirador N95 ([Fig. 7d](#)). Aún así, hay que admitir el hecho de que hay un elemento de riesgo de que los huéspedes susceptibles se infecten.

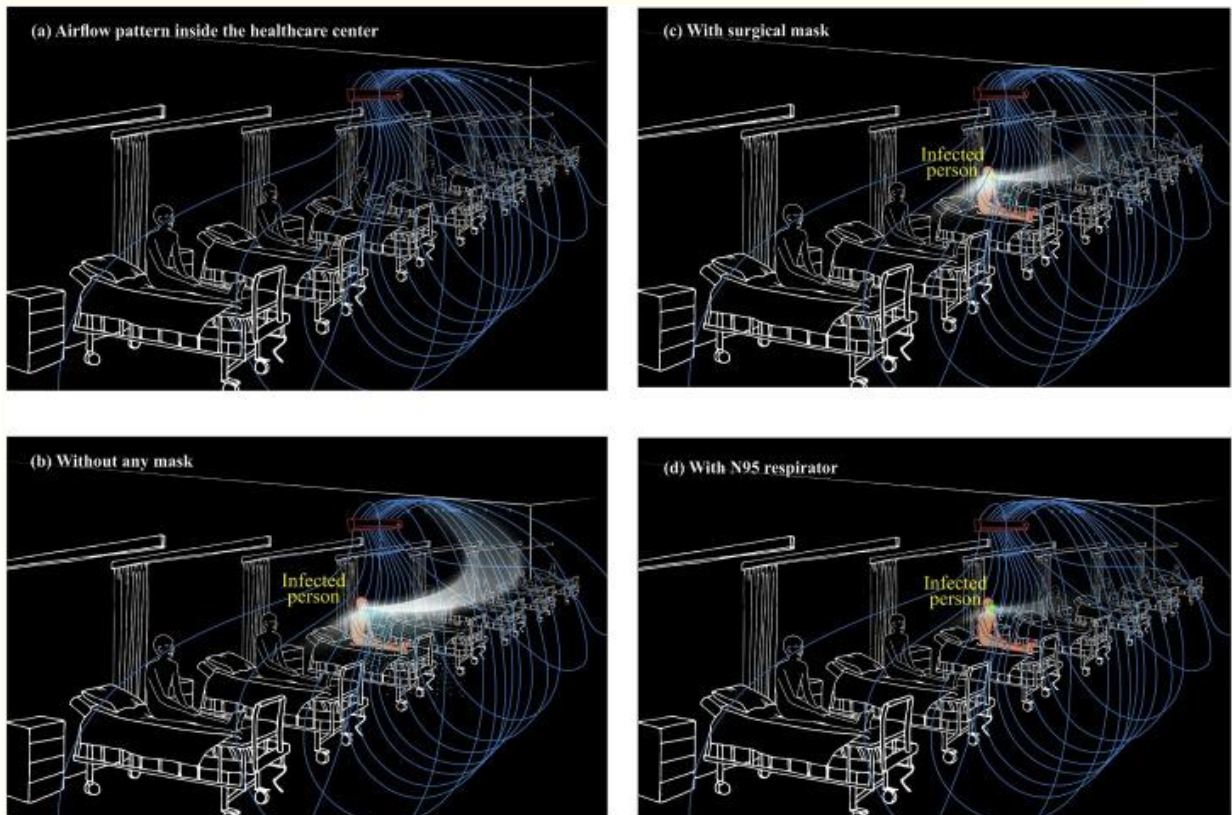
Cuando dos escenarios (Escenario 1: AC on y windows cerrados; Escenario 2: AC apagado y ventanas abiertas) se revisan críticamente, se puede especular que el escenario 2 será mejor en el control del virus SARS-CoV-2; por lo tanto, se recomienda encarecidamente al menos hasta que cesa la pandemia COVID-19. Por ejemplo, el segundo paciente de COVID-19 en Sri Lanka era un guía turístico, y cuando se volvió sintomático, viajó al hospital por su coche conducido por su hijo, con su esposa sentada en el asiento delantero. Hizo un punto para abrir todas las ventanas y se sentó detrás hasta que llegaron al hospital. El tiempo de viaje fue de más de 30 minutos, y ninguna persona en el coche se infectó con el COVID-19. Esta historia personifica los fundamentos postulados anteriormente, y las autoridades pertinentes de los países afectados deben presentar directrices estrictas para implementar tales mejores prácticas para reducir las morbilidades y muertes. Por el contrario, se notificaron dos casos en Sri Lanka, donde los conductores de coches de alquiler se infectaron con el escenario 1. Además, dejar el aparcamiento bajo la luz solar directa con ventanas abiertas durante al menos 30 minutos sería una mejor opción para erradicar las posibles cargas útiles del virus SARS-CoV-2 de las cabinas de los turismos.

### 6.3. Centro de salud

Sería imperativo explorar los factores plausibles de la transmisión del virus SARS-CoV-2 dentro de espacios interiores, preferiblemente hospitales improvisados, y centros de atención médica, cuarentena y aislamiento donde las instalaciones de alojamiento tienen grandes espacios abiertos con muchas camas colocadas en una secuencia. Dicha instalación se describe, en este documento, con respecto a un centro de salud, pero podría ser aplicable a otros espacios interiores mencionados anteriormente. Es un hecho conocido que las enfermedades del SRAS se convirtieron en epidemias y a veces pandemia, obligando a las autoridades a buscar instalaciones de aislamiento más allá de sus capacidades habituales disponibles. Tales gestos invariablemente llevan a las autoridades a construir centros de salud apropiados o convertir otras instalaciones existentes en un corto período de tiempo. Estos espacios a menudo se convierten en grandes áreas de suelo cuyas instalaciones de ventilación pueden ser deficientes en la limpieza de las plumas en el aire cargadas de virus. La transmisión de enfermedades del SRAS en una situación epidémica o pandémica suele ser doble. La primera es la transmisión nosocomial por la cual los pacientes sospechosos de fuera serán llevados al centro de salud. Además, con el tiempo, los anfitriones susceptibles que residen en centros de salud contraerán la enfermedad a través de la transmisión nosocomial a menos que las instalaciones de ventilación ( $> 6$  ACH o  $1,6$  L/s/m<sup>3</sup>; la diferencia de presión negativa  $> 2,5$  Pa, y la diferencia de flujo de aire  $> 56$  L/s) sean adecuadas (OMS, [2009](#)). Sin embargo, la diferenciación de ambos modos de transmisión para una situación determinada es una tarea desalentadora y extremadamente difícil (Bi [et al.](#), [2007](#)).

En un espacio confinado de un centro de salud, debe implementarse una gestión adecuada de la transmisión nosocomial para controlar la aparición de la transmisión nosocomial, donde los métodos de ventilación desempeñan un papel vital. Dado que la ventilación inadecuada prevalece en un espacio confinado, otra clasificación indica que se distinguen los tipos de transmisión 2 veces; corto alcance (entre individuos, generalmente a menos de 1 m de distancia) y de largo alcance (dentro de una habitación, entre habitaciones o entre lugares distantes, generalmente mayores de 1 m de distancia) ([Tang et al., 2006](#)). La espiración de los chorros de tos de una persona infectada compuesta de gotas y aerosoles entra y se mezcla con aire en la zona respiratoria de un huésped susceptible que se encuentra cerca (por ejemplo, personal médico), que es capaz de contraer la enfermedad (transmisión de corto alcance) entre individuos puede interactuar entre sí. Mientras tanto, el chorro de tos recorre largas distancias dependiendo del patrón de flujo de aire del espacio a través del penacho de aerosol (transmisión de largo alcance) que contrae a personas a un par de metros de distancia de la persona infectada. El flujo de aire en el espacio confinado a menudo se rige por una combinación de diferencias en las temperaturas y la humedad. [8](#) ilustra los patrones de flujo de aire de un área abierta equipada con una serie de camas destinadas a pacientes sospechosos con aire acondicionado encendido y todas las aberturas cerradas para un clima tropical. Las agilizaciones del flujo de aire son generadas primero por el AC y empujadas hacia abajo barriendo a los pacientes, y una vez que las velocidades advectivas disminuyen, la masa de flujo de aire

comienza a moverse a través de corrientes convectivas, a medida que la temperatura se vuelve más caliente. El aire caliente será extraído por el AC y se limpiará a través de un filtro antes de enviarlo de vuelta al mismo espacio.



8

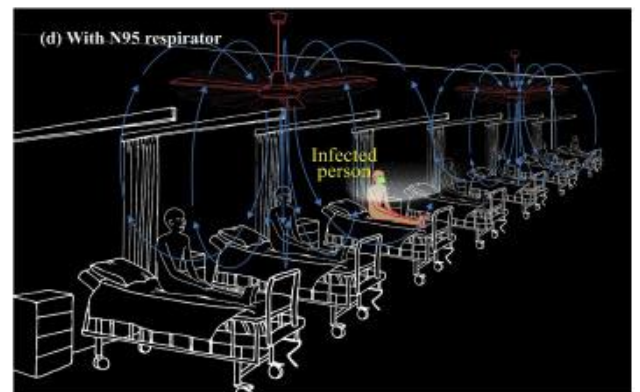
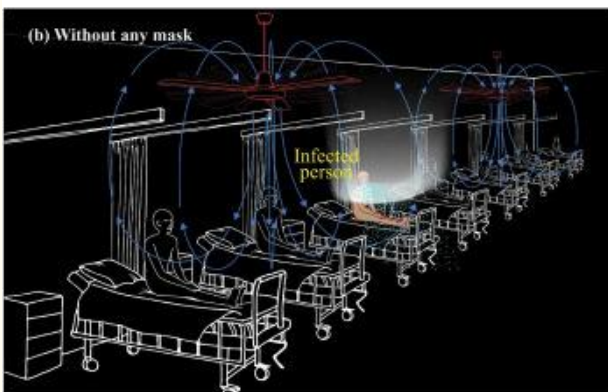
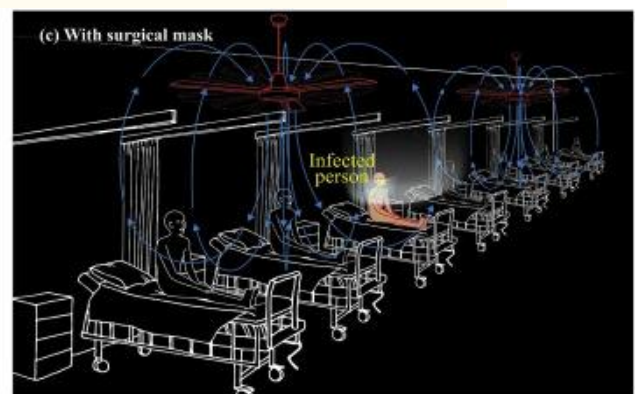
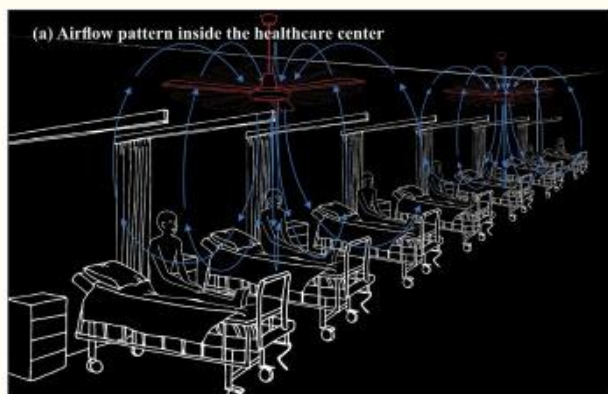
Trayectorias de gotas y aerosoles de un paciente infectado en caso de tos en un centro de salud con ventilación proporcionada por un patrón de aire acondicionado (a) dentro del centro de salud sin ninguna expiración del chorro de tos (b) sin ninguna máscara (c) con máscara quirúrgica (d) con respirador N95.

8b manifiesta un patrón típico de una trayectoria de chorro de tos de una persona infectada en el centro de salud con el suministro de un flujo de aire impulsado por CA. Las gotas caen en una corta distancia, creando un entorno propicio para la transmisión de corto alcance de gotas cargadas de SARS-CoV-2. Sin embargo, el penacho de aerosol cargado de virus viaja lejos del vecindario inmediato y se transmite al aire con las corrientes convectivas desarrolladas dentro del espacio confinado (Fig. 8b). Tal penacho aerosol desarrollado podría seguir las trayectorias de flujo de aire, que a menudo se alteran por el movimiento de objetos, la apertura y el cierre de puertas y ventanas, y variaciones de temperatura y humedad. Además, una cierta fracción de los aerosoles cargados de virus se difundirá hacia las direcciones laterales por movimiento Browniano, lo que resulta en transmisión nosocomial a muchos huéspedes susceptibles en la misma habitación confinada (no se muestra en la Fig. 8b). Estas plumas generadoras de aerosol causan transmisión de largo alcance dentro del espacio confinado, contaba con muchos huéspedes susceptibles mucho más de lo que uno podría imaginar.

[8c](#) muestra la trayectoria del chorro de tos con el paciente infectado usando una máscara quirúrgica. Con la máscara quirúrgica desgastada, la carga útil de las gotas del paciente infectado se reduce drásticamente y se restringe a una pequeña distancia. Las personas vecinas de ambos lados pueden no estar expuestas a la contaminación directa, pero podrían contraer la enfermedad tocando virus cargados de fomitas. Sin embargo, los aerosoles cargados de virus viajarán hacia adelante y desaparecerán a través de procesos convectivos y de difusión. Estos fenómenos de transporte pueden conllevar las cargas virales que causan la enfermedad, promoviendo la infección nosocomial. Un escenario similar se observa con un paciente que lleva un respirador N95, pero en menor medida en comparación con el de una máscara quirúrgica ([Fig. 8d](#)). El Equipo de Epidemiología de Respuesta a Emergencias por [Neumonía por Coronavirus \(2020\)](#) afirma que aunque la transmisión nosocomial del SARS-CoV-2 por tos sigue sin estar clara, 1.716 trabajadores sanitarios en hospitales improvisados en China han sido infectados antes del 11 de febrero de 2020. Este gran número de infecciones, incluso con epidémica apropiada por los trabajadores sanitarios, puede haber sido impulsada por la transmisión nosocomial de aerosoles cargados de SARS-CoV-2 que han permanecido durante muchas horas debido a la mala ventilación de mezcla. [\(2020\)](#) han notificado una infección COVID-19 propulsada por CA de un huésped por un paciente asintomático en un restaurante de Guangzhou, China, lo que indica una probabilidad de transmisión en el aire por mala ventilación de mezcla. Los CDC en una conferencia de prensa han insinuado que a partir del 09 de abril de 2020, alrededor de 9.000 trabajadores de la salud en los EE.UU. han mostrado resultados positivos para la prueba COVID-19, que podría haber sido debido a la transmisión nosocomial causada por las nubes de aerosol en el aire.

La ventilación de mezcla impulsada por los ventiladores mecánicos en el techo también es popular entre los países en desarrollo, en particular de las regiones tropicales. Por ejemplo, Sri Lanka ha convertido muchos espacios confinados pertenecientes a las fuerzas militares del país para movilizarse como centros de cuarentena. [9](#) a muestra una disposición típica de un espacio de este tipo donde la ventilación es proporcionada por ventiladores de techo. Se encuentra que a las personas que están en cuarentena se les da instalaciones de cama a una distancia de 1 m entre sí, como se muestra en la [Fig. 9a](#). La ventilación mecánica impulsada por ventiladores de techo genera flujo de aire de corriente descendente con una fuerza advectiva, y barre contra las personas en el espacio confinado. A medida que el flujo de aire pasa las personas y los objetos en el área confinada, se calienta y comienza a moverse hacia arriba a través del proceso de convección ([Fig. 9a](#)). Tal aire caliente viaja hacia arriba el techo y, tal vez, sale de las aberturas. Si no hay aberturas adecuadas, la ventilación interior deficiente se mantiene, y tal aire caliente puede llenar todo el espacio confinado resultando en una infección nosocomial por las plumas cargadas de SARS-CoV-2. [9b](#) muestra tal incidencia en la que las gotas y un penacho de aerosoles son arrojados por una persona infectada. [9c](#) y [d](#) ilustran los entornos ambientales con la persona infectada equipada con una máscara quirúrgica y un respirador N95, respectivamente. En ambos casos, la transmisión de gotas parece ser moderada en mayor medida, pero la transmisión

de aerosol cargada por virus será plausible. Los escenarios comunes de los centros de salud, tales como aperturas inadecuadas que restringen la entrada y salida de aire fresco, no tener un número adecuado de ventiladores para impartir ACH aceptable, un gran número de personas que viven en una instalación de este tipo, y bloqueos involuntarios de las rutas de aire por las pertenencias, equipos y movimientos de las personas, entre otras cosas pueden causar mala ventilación en los entornos ambientales y desencadenar el brote COVID-19 a través de la transmisión nosocomial. Sri Lanka informa que al 30 de abril de 2020, en un Complejo Naval en Colombo, ha habido más de 150 marineros contratados con el COVID-19. Los marineros han estado de servicio en acordamiento de posibles áreas de la pandemia COVID-19. Sin embargo, se ha puesto en cuenta que cuando regresaron a la base, muchos de ellos se han quedado en zonas confinadas cuyo potencial de ventilación impulsado por ventiladores mecánicos era bastante pobre. Este escenario ha sido un ejemplo clásico de la infección transmitida por el aire causada por una mala ventilación que ha promovido que el penacho de aerosol cargado de virus se quede durante muchas horas dentro del edificio.



9

Trayectorias de gotas y aerosoles de un paciente infectado en caso de tos en un centro de salud con ventilación proporcionada por ventiladores de techo (a) patrón de flujo de aire dentro del centro de salud sin ninguna expiración del chorro de tos (b) sin ninguna máscara (c) con máscara quirúrgica (d) con respirador N95.

Teniendo en cuenta todos los estudios de caso mencionados anteriormente, no se puede simplemente ignorar que las transmisiones cargadas de gotas y aerosoles de

COVID-19 son inciertas; por lo tanto, las mejores prácticas administrativas, clínicas y físicas de mejor gestión son primordiales en la implementación, especialmente en espacios confinados.

[Vete a:](#)

[Vete a:](#)

## 7. Conclusión

---

Los investigadores han especulado que tanto las gotas como los aerosoles generados por la espiración no violenta y violenta de las personas infectadas por el SARS-CoV-2 pueden ser responsables de la transmisión en el aire de la enfermedad COVID-19. Sin embargo, se debe realizar más trabajo de investigación para comprender el comportamiento de las gotas y aerosoles cargados de virus en diferentes entornos ambientales, especialmente los espacios confinados, de modo que la transmisión de la pandemia COVID-19 en el entorno construido pueda determinarse plenamente. Los estudios de caso encontrados en todo el mundo indican que el comportamiento del virus SARS-CoV-2 ha sido sin precedentes único con más supervivencia y tasas viables en el aire y se cree que permaneció en el aire durante un período prolongado. El desafío ante muchos trabajadores sanitarios en la lucha contra la enfermedad sería una tarea desalentadora a menos que se tomen las medidas administrativas, clínicas y físicas adecuadas dentro de los entornos sanitarios. Es necesario llevar a cabo investigaciones interdisciplinarias sobre el comportamiento del virus SARS-CoV-2 para evitar que la enfermedad COVID-19 se propague por todo el mundo.

[Vete a:](#)

[Vete a:](#)

## Financiación

---

Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de agencias de financiamiento en los sectores público, comercial o sin fines de lucro.

[Vete a:](#)

[Vete a:](#)

## Declaración de contribución a la autoría CRediT

---

**Maresh Jayaweera:** Conceptualización, Metodología, Investigación, Escritura - borrador original, Visualización, Supervisión, Administración de Proyectos. **Hasini Perera:** Conceptualización, Metodología, Recursos, Validación, Análisis Formal, Investigación, Curación de Datos, Escritura - borrador original. **Buddhika Gunawardana:** Validación, Recursos, Escritura - revisión y edición. **Jagath Manatunge:** Validación, Recursos, Escritura - revisión y edición.

[Vete a:](#)

[Vete a:](#)

## Declaración de interés en competencia

---

Los autores declaran que no tienen intereses financieros competidores conocidos o relaciones personales que podrían haber parecido influir en el trabajo reportado en este documento.

[Vete a:](#)

[Vete a:](#)

## Agradecimientos

---

Los autores desean reconocer la asistencia prestada por muchos para recopilar información sobre estudios de caso COVID-19.

[Vete a:](#)

[Vete a:](#)

## Referencias

---

1. Bagshaw M., Illig P. Travel Med. Elsevier; 2019. El entorno de la cabina de los aviones; págs. 429–436. [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
2. Bai Y., Yao L., Wei T., Tian F., Jin D.Y., Chen L., Wang M. Presunta transmisión asintomática portadora de COVID-19. Jama. 2020;323:406–1407. doi: 10.1001/jama.2020.2565. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
3. Balachandar V., Mahalaxmi I., Kaavya J., Vivekanandhan G., Ajithkumar S., Arul N., Singaravelu G., Kumar N.S., Devi S.M. COVID-19: medidas de protección emergentes. Farmacéutico. 2020;24:3422–3425. doi: 10.26355/eurev\_202003\_20713. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
4. Baron P.A., Willeke K. segundo ed. van Nostrand Reinhold; Nueva York: 2001. Medición de Aerosol: Principios, Técnicas y Aplicaciones. [[Google Scholar](#)]
5. Beggs C.B. ¿Existe un componente aerotransportado para la transmisión de COVID-19?: un estudio de análisis cuantitativo. medRxiv. 2020 doi: 10.1101/2020.05.22.20109991. [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
6. Bi P., Wang J., Hiller J.E. Clima: ¿fuerza impulsora detrás de la transmisión del síndrome respiratorio agudo grave en China? Interno. Med. J. 2007;37:550–554. doi: 10.1111/j.1445-5994.2007.01358.x. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
7. Biswas P.K., Islam M.Z., Debnath N.C., Yamage M. Modeling y papeles de factores meteorológicos en brotes de gripe aviar altamente patógena H5N1. Plos uno. 2014;9 doi: 10.1371/journal.pone.0098471. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
8. Boone S.A., Gerba C.P. Importancia de los fomitas en la propagación de enfermedades virales respiratorias y entéricas. Appl. Environ. La microbiol. 2007;73:1687–1696. doi: 10.1128/aem.02051-06. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]

9. Booth C.M., Clayton M., Crook B., Gawn J.M. Eficacia de las máscaras quirúrgicas contra los bioaerosoles de la gripe. *J. Hosp. Infect.* 2013;84:22–26. doi: 10.1016/j.jhin.2013.02.007. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
10. Bourouiba L. Imágenes en medicina clínica: un estornudo. *N. Engl. J. Med.* 2016;375:e15. doi: 10.1056/NEJMicm1501197. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
11. Nubes de gas turbulentas y emisiones de patógenos respiratorios: posibles implicaciones para reducir la transmisión de COVID-19. *Jama.* 2020 doi: 10.1001/jama.2020.4756. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
12. Bourouiba L., Dehandshoewercker E., Bush J.W.M. Eventos respiratorios violentos: en la tos y estornudos. *J.Mece fluido* 2014;745:537–563. doi: 10.1017/jfm.2014.88. [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
13. Brankston G., Gitterman L., Hirji Z., Lemieux C., Gardam M. Transmisión de la gripe A en seres humanos. *Infecto de lanceta.* 2007;7:257–265. doi: 10.1016/S1473-3099(07)70029-4. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
14. Burke R.M. MMWR; 2020. Monitoreo activo de personas expuestas a pacientes con COVID-19 confirmado—Estados Unidos, enero-febrero de 2020. Informe semanal de morbilidad y mortalidad, Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC). 69. [[Artículo gratuito de PMC](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
15. Casanova L.M., Jeon S., Rutala W.A., Weber D.J., Sobsey M.D. Efectos de la temperatura del aire y humedad relativa en la supervivencia del coronavirus en superficies. *Appl. Environ. La microbiol.* 2010;76:2712–2717. doi: 10.1128/aem.02291-09. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
16. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) 2003. Directrices para el Control de Infecciones Ambientales en Centros de Salud. <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/environmental/index.html> (Actualizado: Julio 2019) Informe Semanal de Morbilidad y Mortalidad, 52 (RR-10) [[GoogleScholar](#)]
17. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) 2020. Enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19): Cómo se propaga COVID-19. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prepare/transmission.html> [[Google Scholar](#)]
18. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) 2020. Viajeros de países con transmisión sostenida generalizada (en curso) llegando a los Estados Unidos. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/travelers/after-travel-precautions.html> [[Google Scholar](#)]
19. Chan J.F.W., Yuan S., Kok K.H., To K.K.W., Chu H., Yang J., Xing F., Liu J., Yip C.C.Y., Poon R.W.S., Tsoi H.W. Un grupo familiar de neumonía asociado con el coronavirus novel 2019 que indica la transmisión de persona a persona: un estudio de un grupo familiar. *Lanceta.* 2020;395:514–523. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30154-9. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]



20. Chan K.H., Peiris J.S., Lam S.Y., Poon L.L.M., Yuen K.Y., Seto W.H. Los efectos de la temperatura y la humedad relativa en la viabilidad del coronavirus del SRAS. *Adv. Virol.* 2011;2011:1–7. doi: 10.1155/2011/734690. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[Google Scholar](#)]
21. Chaudhuri S., Basu S., Kabi P., Unni V.R., Saha A. 2020. Modelar la temperatura ambiente y la sensibilidad a la humedad relativa de las gotas respiratorias y su papel en la determinación de la tasa de crecimiento de los brotes de Covid-19. [arXiv:2004.10929](#) [[Google Scholar](#)]
22. Chen C., Zhao B. Hospitales improvisados para pacientes COVID-19: donde los trabajadores de la salud y los pacientes necesitan suficiente ventilación para una mayor protección. *J. Hosp. Infect.* 2020 doi: 10.1016/j.jhin.2020.03.008. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[Google Scholar](#)]
23. Chen H., Guo J., Wang C., Luo F., Yu X., Zhang W., Li J., Zhao D., Xu D., Gong Q. Características clínicas y potencial de transmisión vertical intrauterina de la infección por COVID-19 en nueve mujeres embarazadas: una revisión retrospectiva de los registros médicos. *Lanceta.* 2020;395:809–815. doi: 10.1016/s0140-6736(20)30360-3. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[Google Scholar](#)]
24. Chowell G., Towers S., Viboud C., Fuentes R., Sotomayor V., Simonsen L., Miller M.A., Lima M., Villarroel C., Chiu M., Villarroel J.E. La influencia de las condiciones climáticas en la dinámica de transmisión de la pandemia de gripe A/H1N1 de 2009 en Chile. *BMC Infect.* 2012;12:298. doi: 10.1186/1471-2334-12-298. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[Google Scholar](#)]
25. Cox C.S. Aspectos físicos de las partículas de bioaerosols. En: Cox C.S., Wathes C.M., editores. *Manual de Bioaerosols.* Lewis Publishers; Boca Ratón, FL, Estados Unidos: 1995. págs. 15–25. [[Google Scholar](#)]
26. Darnell M.E.R., Subbarao K., Feinstone S.M., Taylor D.R. Inactivación del coronavirus que induce el síndrome respiratorio agudo grave. *SARS-CoV. J. Virol. Métodos.* 2004;121:85–91. doi: 10.17632/10.1016/j.jviromet.2004.06.006. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[Google Scholar](#)]
27. Davies A., Thompson K.A., Giri K., Kafatos G., Walker J., Bennett A. Probando la eficacia de las máscaras caseras: ¿protegerían en una pandemia de gripe? *Preparación para la Salud Pública* 2013;7:413–418. doi: 10.1017/dmp.2013.43. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[Google Scholar](#)]
28. de Ree H., Bagshaw M., Simons R., Brown R.A. Ozono y humedad relativa en cabinas de aviones en rutas polares: medidas y síntomas físicos. En: Nagda N.L., editor. *Calidad del aire y comodidad en cabinas de avión.* ASTM International; West Conshohocken, PA: 2000. págs. 243–258. [[CrossRef](#)][[Google Scholar](#)]
29. Derrick J.L., Gomersall C.D. Protección del personal sanitario del síndrome respiratorio agudo grave: capacidad de filtración de múltiples máscaras

- quirúrgicas. *J. Hosp. Infect.* 2005;59:365–368. doi: 10.1016/j.jhin.2004.10.013. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
30. Duan S.M., Zhao X.S., Wen R.F., Huang J.J., Pi G.H., Zhang S.X., Han J., Bi S.L., Ruan L., Dong X.P. Estabilidad del coronavirus SARS en muestras humanas y medio ambiente y su sensibilidad al calentamiento y la irradiación UV. *Biomed. Environ. Sci.: BES.* 2003;16:246–255. [[PubMed](#)] [[GoogleScholar](#)]
31. Duguid J.P. Los números y los sitios de origen de las gotas expulsadas durante las actividades espiratorias. *Edinb. Med. J.* 1945;52:385–401. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)] [[GoogleScholar](#)]
32. Engelmann R.J., Pendergrass W.R., White J.R., Hall M.E. La eficacia de los automóviles estacionarios como refugios en liberaciones accidentales de materiales tóxicos. *Atmos. Environ.* 1992;26:3119–3125. doi: 10.1016/0960-1686(92)90469-2. [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
33. Garner J.S., Hospital Infection Control Practices Advisory Committee Guideline for isolation precautions in hospitals. *Infecta. Epidemiol de control.* 1996;17:53–80. doi: 10.2307/30142367. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
34. Gorbalenya A.E. Coronavirus agudo severo relacionado con el síndrome respiratorio agudo: la especie y sus virus, una declaración del grupo de estudio del coronavirus. *BioRxiv.* 2020:1–15. doi: 10.1101/2020.02.07.937862. [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
35. Gralton J., Tovey E., McLaws M.L., Rawlinson W.D. El papel del tamaño de las partículas en la transmisión de patógenos aerosolizados: una revisión. *J. Infect.* 2011;62:1–13. doi: 10.1016/j.jinf.2010.11.010. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
36. Grayson S.A., Griffiths P.S., Perez M.K., Piedimonte G. Detección del virus respiratorio sincitial en el aire en una clínica pediátrica de cuidados agudos. *Pediatr. Pulmonol.* 2016;52:684–688. doi: 10.1016/j.jinf.2010.11.010. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
37. Gupta D. 2020. Efecto de la temperatura ambiente en la tasa de infección COVID-19. Disponible en SSRN 3558470. [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
38. Microorganismos aerotransportados de Harper G.J.: pruebas de supervivencia con cuatro virus. *J. Hyg.* 1961;59:479–486. doi: 10.1017/s0022172400039176. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
39. Hemmes J.H., Winkler K., Kool S.M. Virus survival as a seasonal factor in influenza and poliomyelitis. *Antonie Leeuwenhoek.* 1962;28:221–233. doi: 10.1007/bf02538737. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
40. Hinds W.C. segundo ed. John Wiley & Sons; Hoboken, Nueva Jersey, Estados Unidos: 1999. Tecnología Aerosol: Propiedades, Comportamiento y Medición de Partículas Transportadas por Aire. [[Google Scholar](#)]
41. Huang C., Wang Y., Li X., Ren L., Zhao J., Hu Y., Zhang L., Fan G., Xu J., Gu X. Características clínicas de pacientes infectados con coronavirus novel 2019 en Wuhan, China. *Lanceta.* 2020;395:497–506. doi: 10.1016/s0140-

- 6736(20)30183-5. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
42. Hui D.S., Chan P.K. Síndrome respiratorio agudo grave y coronavirus. *Infecta. Desdén. Norte Am.* 2010;24:619–638. doi: 10.1016/j.idc.2010.04.009. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
43. Ijaz M.K., Brunner A.H., Sattar S.A., Nair R.C., Johnson-Lussenburg C.M. Características de supervivencia del coronavirus humano en el aire 229E. *J. Gen.* 1985;66:2743–2748. doi: 10.1099/0022-1317-66-12-2743. [[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
44. Judson S.D., Munster V.J. Transmisión nosocomial de virus emergentes a través de procedimientos médicos generadores de aerosoles. *Virus.* 2019;11:940. doi: 10.3390/v111100940. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
45. Karapiperis C., Kouklis P., Papastratos S., Chasapi A., Ouzounis C. 2020. Evaluación de la estacionalidad de Covid-19 debe centrarse en la radiación ultravioleta y no 'días más cálidos' *LtE*, v9, 28-Apr-2020 – [osf.io](#). [[Google Scholar](#)]
46. Khatoun S., Kim M.H. Confort térmico en el habitáculo utilizando un análisis numérico 3D y comparación con los modelos de confort de Fanger. *Energías.* 2020;13:690. doi: 10.3390/en13030690. [[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
47. Kim S.W., Ramakrishnan M.A., Raynor P.C., Goyal S.M. Efectos de la humedad y otros factores en la generación y muestreo de un aerosol de coronavirus. *Aerobiología.* 2007;23:239–248. doi: 10.1007/s10453-007-9068-9. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
48. Kormuth K.A., Lin K., Prussin A.J., Vejerano E.P., Tiwari A.J., Cox S.S., Myerburg M.M., Lakdawala S.S., Marr L.C. La infectividad del virus de la gripe se conserva en aerosoles y gotas independientes de la humedad relativa. *J. Infect.* 2018;218:739–747. doi: 10.1093/infdis/jiy221. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
49. Kumar P., Morawska L. ¿Podría la siguiente línea de defensa contra la propagación coVID-19? *City Environ. Interactuar.* 2019;4 doi: 10.1016/j.cacint.2020.100033. [[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
50. Kwok Y.L.A., Gralton J., McLaws M.L. Face touching: un hábito frecuente que tiene implicaciones para la higiene de las manos. *Am. J. Infect.* 2015;43:112–114. doi: 10.1016/j.ajic.2014.10.015. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
51. Lawrence R.B., Duling M.G., Calvert C.A., Coffey C.C. Comparación del rendimiento de tres tipos diferentes de dispositivos de protección respiratoria. *J. Ocupación. Environ. Hyg.* 2006;3:465–474. doi: 10.1080/15459620600829211. [[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
52. Leung N.H., Chu D.K., Shiu E.Y., Chan K.H., McDevitt J.J., Hau B.J., Yen H.L., Li Y., Ip D.K., Peiris J.M., Seto W.H. Virus respiratorio derramando en exhalado

- aliento y eficacia de máscaras faciales. 2020;1–5 doi: 10.1038/s41591-020-0843-2. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
53. Leung W.W.F., Sun Q. Filtro de nanofibra cargado electrostático para filtrar el nuevo coronavirus aerotransportado (COVID-19) y nano-aerosoles. *Separ. Purif.* 2020 doi: 10.1016/j.seppur.2020.116886. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
54. Estudio experimental de Li J., Liu J., Wang C., Wesseling M., Miller D. PIV de las estructuras dinámicas de flujo de aire a gran escala en una cabina de avión: oscilación y oscilación. *Construir. Environ.* 2017;125:180–191. doi: 10.1016/j.buildenv.2017.07.043. [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
55. Li K. El vínculo entre la humedad y el COVID-19 causó la muerte. *J. Biosci.* 2020;8:50–55. <https://.org/10.4236/jbm.2020.86005> [[Google Scholar](#)]
56. Li Q., Guan X., Wu P., Wang X., Zhou L., Tong Y., Ren R., Leung K.S., Lau E.H., Wong J.Y., Xing X. Dinámica de transmisión temprana en Wuhan, China, de nueva neumonía infectada por coronavirus. *N. Engl. J. Med.* 2020 doi: 10.1056/NEJMoa2001316. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
57. Liu C., Wang S., Zhang Y., Zhong R. 2020. Relación entre el brote COVID-19 y la temperatura, humedad y radiación solar en toda China. <https://ssrn.com/abstract=3594115> disponible en SSRN: [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
58. Liu J., Liao X., Qian S., Yuan J., Wang F., Liu Y., Wang Z., Wang F.S., Liu L., Zhang Z. Transmisión comunitaria del síndrome respiratorio agudo grave Coronavirus 2, Shenzhen, China, 2020. *Emerg. Infecta.* 2020;26 doi: 10.3201/eid2606.200239. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
59. Liu L., Wei J., Li Y., Ooi A. Evaporación y dispersión de gotas respiratorias por tos. *Aire interior.* 2016;27:179–190. doi: 10.1111/ina.12297. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
60. Loh N.H.W., Tan Y., Taculod J., Gorospe B., Teope A.S., Somani J., Tan A.Y.H. El impacto de la cánula nasal de alto flujo (HFNC) en la distancia de tos: implicaciones en su uso durante el nuevo brote de la enfermedad del coronavirus. *Can. J. Anesth.* 2020;1–2 doi: 10.1007/s12630-020-01634-3. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
61. Long Y., Hu T., Liu L., Chen R., Guo Q., Yang L., Cheng Y., Huang J., Du L. Eficacia de los respiradores N95 versus máscaras quirúrgicas contra la gripe: una revisión sistemática y metanálisis. *J. Evid. Base Med.* 2020 doi: 10.1111/jebm.12381. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
62. Lowen A.C., Mubareka S., Steel J., Palese P. La transmisión del virus de la gripe depende de la humedad relativa y la temperatura. *PLoS Pathog.* 2007;3:e151. doi: 10.1371/journal.ppat.0030151. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
63. Lowen A.C., Steel J., Mubareka S., Palese P. Alta temperatura (30 C) bloquea el aerosol pero no la transmisión de contacto del virus de la gripe. *J.*

- Viol. 2008;82:5650–5652. doi: 10.1128/jvi.00325-08. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
64. Lu J., Gu J., Li K., Xu C., Su W., Lai Z., Zhou D., Yu C., Xu B., Yang Z. COVID-19 brote asociado con aire acondicionado en restaurante, Guangzhou, China, 2020. *Emerg. Infecta.* 2020;26 doi: 10.3201/eid2607.200764. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
65. Ma Y., Zhao Y., Liu J., He X., Wang B., Fu S., Yan J., Niu J., Zhou J., Luo B. Efectos de la variación de la temperatura y la humedad en la muerte de COVID-19 en Wuhan, China. *Sci. Total Environ.* 2020 doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138226. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
66. Marthi B. Reanimación de bioaerosols microbianos. En: Lighthart B., Mohr A.J., editores. *Aerosoles microbianos atmosféricos*. Springer; Boston, MA: 1994. págs. 192–225. [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
67. Mayhall C.G. tercero ed. Lippincott Williams & Wilkins; Filadelfia: 2004. *Epidemiología Hospitalaria y Control de Infecciones*. [[Google Scholar](#)]
68. McCluskey R., Sandin R., Greene J. Detección de citomegalovirus en el aire en salas hospitalarias de pacientes inmunocomprometidos. *J. Virol. Métodos.* 1996;56:115–118. doi: 10.1016/0166-0934(95)01955-3. [[PubMed](#)][[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
69. McDevitt J.J., Rudnick S.N., Radonovich L.J. Susceptibilidad al aerosol del virus de la gripe a la luz UV-C. *Appl. Environ. La microbiol.* 2012;78:1666–1669. doi: 10.1128/aem.06960-11. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
70. McKinney K.R., Gong Y.Y., Lewis T.G. Transmisión ambiental del SARS en Amoy Gardens. *J. Environ. Salud.* 2006;68:26–30. [[PubMed](#)] [[GoogleScholar](#)]
71. Metz J.A., Finn A. Influenza y humedad – ¡por qué un poco más húmedo puede ser bueno para ti! *J. Infect.* 2015;71:S54–S58. doi: 10.1016/j.jinf.2015.04.013. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
72. Morawska L. Droplet destino en ambientes interiores, o podemos prevenir la propagación de la infección? *Aire interior.* 2006;16:335–347. doi: 10.1111/j.1600-0668.2006.00432.x. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
73. Morawska L., Cao J. Transmisión aerotransportada del SARS-CoV-2: el mundo debe enfrentarse a la realidad. *Environ. Int.* 2020;105730 doi: 10.1016/j.envint.2020.105730. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
74. Nelson K.L., Boehm A.B., Davies-Colley R.J., Dodd M.C., Kohn T., Linden K.G., Liu Y., Maraccini P.A., McNeill K., Mitch W.A., Ng T.H. Sunlight-mediated inactivación de microorganismos relevantes para la salud en el agua: una revisión de los mecanismos y enfoques de modelaje. *Environ. Proceso de ciencia. Impactos.* 2018;20:1089–1122. doi: 10.1039/C8EM00047F. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
75. Nicas M., Nazaroff W.W., Hubbard A. Hacia la comprensión del riesgo de infección secundaria transmitida por el aire: emisión de patógenos respirables. *J. Ocupación. Environ. Hyg.* 2005;2:143–154. doi:

- 10.1080/15459620590918466. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
76. Offermann F.J., Colfer R., Radzinski P., Robertson J. Actas de la 9a Conferencia Internacional sobre Calidad y Clima del Aire Interior, Monterrey, CA, del 30 de junio al 5 de julio de 2002. 2002. Exposición al humo ambiental del tabaco en un automóvil; págs. 506–511. [[Google Scholar](#)]
77. Oliveiros B., Caramelo L., Ferreira N.C., Caramelo F. Papel de la temperatura y la humedad en la modulación del tiempo de duplicación de los casos COVID-19. medRxiv. 2020 doi: 10.1101/2020.03.05.20031872. [[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
78. Olsen S.J., Chang H.L., Cheung T.Y.Y., Tang A.F.Y., Fisk T.L., Ooi S.P.L., Kuo H.W., Jiang D.D.S., Chen K.T., Lando J., Hsu K.H., Chen T.J., Dowell S.F. Transmisión del ataque respiratorio agudo grave en el avión. N. Engl. J. Med. 2003;349:2416–2422. doi: 10.1056/NEJMoa031349. [[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
79. Ong S.W.X., Tan Y.K., Chia P.Y., Lee T.H., Ng O.T., Wong M.S.Y., Marimuthu K. Aire, medio ambiente superficial y la contaminación del equipo de protección personal por síndrome respiratorio agudo grave coronavirus 2 (SARS-CoV-2) de un paciente sintomático. Jama. 2020;323:1610–1612. doi: 10.1001/jama.2020.3227. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
80. Ott W., Klepeis N., Switzer P. Tasas de cambio de aire de vehículos de motor y concentraciones de contaminantes en el vehículo por humo de segunda mano. J. Expo. El medio ambiente. Epidemiol. 2007;18:312–325. doi: 10.1038/sj.jes.7500601. [[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
81. Papineni R.S., Rosenthal F.S. La distribución del tamaño de las gotas en el aliento exhalado de sujetos humanos sanos. J. Aerosol Med. 1997;10:105–116. doi: 10.1089/jam.1997.10.105. [[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
82. Park J., Spengler J.D., Yoon D., Dumyahn T., Lee K., Ozkaynak H. Medición del tipo de cambio de aire de los vehículos estacionarios y estimación de la exposición en el vehículo. J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol. 1998;8:65–78. [[PubMed](#)][[GoogleScholar](#)]
83. Park J.E., Son W.S., Ryu Y., Choi S.B., Kwon O., Ahn I. Efectos de la temperatura, humedad y rango de temperatura diurna en la incidencia de la gripe en una región templada. Influenza Otros Resp. 2019;14:11–18. doi: 10.1111/irv.12682. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
84. Poirier C., Luo W., Majumder M.S., Liu D., Mandl K., Mooring T., Santillana M. 2020. El papel de los factores ambientales en las tasas de transmisión del brote COVID-19: una evaluación inicial en dos escalas espaciales. Disponible en SSRN 3552677. [[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
85. Qiao Z., Ye Y., Chang P.H., Thirunarayanan D., Wigginton K.R. Fotólisis de ácido nucleico por UV254 y el impacto de la encapsidación del

- virus. *Environ. Sci. Technol.* 2018;52:10408–10415. doi: 10.1021/acs.est.8b02308. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
86. Radonovich L.J., Simberkoff M.S., Bessesen M.T., Brown A.C., Cummings D.A., Gaydos C.A., Los J.G., Krosche A.E., Gibert C.L., Gorse G.J., Nyquist A.C. N95 respiradores vs máscaras médicas para prevenir la gripe entre el personal de atención médica: ensayos clínicos *Jama*. 2019;322:824–833. doi: 10.1001/jama.2019.11645. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
87. Redrow J., Mao S., Celik I., Posada J.A., Feng Z. Modelando la evaporación y dispersión de las gotas de esputo en el aire expulsadas de la tos humana. *Construir. Environ.* 2011;46:2042–2051. doi: 10.1016/j.buildenv.2011.04.011. [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
88. Rze-utka A., Cook N. Supervivencia de virus entéricos humanos en el medio ambiente y los alimentos. *FEMS Microbiol.* 2004;28:441–453. doi: 10.1016/j.femsre.2004.02.001. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
89. Sandaradura I., Goeman E., Pontivivo G., Fine E., Gray H., Kerr S., Marriott D., Harkness J., Andresen D. ¿Un afeitado cercano? Rendimiento de los respiradores P2/N95 en trabajadores sanitarios con vello facial: resultados del estudio BEARDS (Adequate Respiratory DefenceS). *J. Hosp. Infect.* 2020;104:529–533. doi: 10.1016/j.jhin.2020.01.006. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
90. Schuit M., Gardner S., Wood S., Bower K., Williams G., Freeburger D., Dabisch P. La influencia de la luz solar simulada en la inactivación del virus de la gripe en aerosoles. *J. Infect.* 2020;221:372–378. doi: 10.1093/infdis/jiz582. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
91. Science Media Center (SMC) 2020. Reacción de expertos a preguntas sobre COVID-19 y carga viral. <https://www.sciencemediacentre.org/expert-reaction-to-questions-about-covid-19-and-viral-load/> [[Google Scholar](#)]
92. Sean W.X.O., Yian K.T., Po Y.C., Tau H.L., Oon T.N., Michelle S.Y.W., Kalisvar M. Aire, medio ambiente superficial y la contaminación del equipo de protección personal por coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo grave (SARS-CoV-2) de un paciente sintomático. *Jama*. 2020;323:1610–1612. doi: 10.1001/jama.2020.3227. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
93. Shaman J., Kohn M. La humedad absoluta modula la supervivencia, la transmisión y la estacionalidad de la gripe. 2009;106:3243–3248. doi: 10.1073/pnas.0806852106. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
94. Shiu E.Y.C., Leung N.H.L., Cowling B.J. Controversia en torno a la transmisión aérea versus gotas de virus respiratorios: implicación para la prevención de infecciones. *Curr. Opin. Infecta.* 2019;32:372–379. doi: 10.1097/QCO.0000000000000563. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
95. Siegel J.D., Rhinehart E., Jackson M., Chiarello L., Strausbaugh L. Centers for Disease Control and Prevention (CDC); 2007. Orientación para las precauciones de aislamiento: Prevención de la transmisión de agentes

- infecciosos en entornos sanitarios.  
<https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/isolation/index.html>  
[artículo gratuito de [PMC](#)][[PubMed](#)] [[GoogleScholar](#)]
96. Silverman D., Gendreau M. Problemas médicos asociados con vuelos comerciales. *Lanceta*. 2009;373:2067–2077. doi: 10.1016/S0140-6736(09)60209-9. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
  97. Skinner H.H., Bradish C.J. Exposición a la luz como fuente de error en la estimación de la infectividad de las suspensiones de virus. *Microbiología*. 1954;10:377–397. doi: 10.1099/00221287-10-3-377. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
  98. Stanam A., Chaudhari M., Rayudu D. Efectos de la temperatura en la transmisión COVID-19. medRxiv. 2020 doi: 10.1101/2020.03.29.20044461. [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
  99. Tan J., Mu L., Huang J., Yu S., Chen B., Yin J. Una investigación inicial de la asociación entre el brote del SRAS y el clima: con la vista de la temperatura ambiental y su variación. *J. Epidemiol. Salud Comunitaria*. 2005;59:186–192. doi: 10.1136/jech.2004.020180. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
  100. Tang J.W. El efecto de los parámetros ambientales en la supervivencia de los agentes infecciosos en el aire. *Interfaz J. R. Soc.* 2009;6:S737–S746. doi: 10.1098/rsif.2009.0227.focus. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
  101. Tang J.W., Lai F.Y.L., Wong F., Hon K.L.E. Incidencia de infecciones virales respiratorias comunes relacionadas con factores climáticos en niños hospitalizados en Hong Kong. *Epidemiol. Infecta*. 2010;138:226–235. doi: 10.1017/S0950268809990410. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
  102. Tang J.W., Li Y., Eames I., Chan P.K.S., Ridgway G.L. Factores involucrados en la transmisión en aerosol de la infección y el control de la ventilación en los locales de atención médica. *J. Hosp. Infect.* 2006;64:100–114. doi: 10.1016/j.jhin.2006.05.022. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
  103. Tellier R. Revisión de la transmisión de aerosoles del virus de la gripe A. *Emerg. Infecta*. 2006;12:1657–1662. doi: 10.3201/eid1211.060426. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
  104. Tellier R. Transmisión del virus de la gripe A: una revisión de nuevos estudios. *Interfaz J. R. Soc.* 2009;6:S783–S790. doi: 10.1098/rsif.2009.0302.focus. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
  105. Tellier R., Li Y., Cowling B.J., Tang J.W. Reconocimiento de la transmisión de aerosoles de agentes infecciosos: un comentario. *BMC Infect.* 2019;19 doi: 10.1186/s12879-019-3707-y. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]



106. El Instituto Americano de Arquitectos Academia de Arquitectura para la Salud (AIA) 2001. Directrices para el Diseño y Construcción de Hospitales e Instalaciones de Atención Médica. Washington.  
<https://www.brikbases.org/content/guidelines-design-and-construction-hospitals-and-healthcare-facilities> [Google Scholar]
107. El equipo de epidemiología de respuesta de emergencia a la neumonía por coronavirus noveles Las características epidemiológicas de un brote de enfermedades del coronavirus novedosos de 2019 (COVID-19) en China. Zhonghua Liuxingbingxue Zazhi. 2020;41:145–151. doi: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2020.02.003. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
108. Thomas R.J. Tamaño de partícula y patogenicidad en el tracto respiratorio. Virulencia. 2013;4:847–858. doi: 10.4161/viru.27172. [Artículo gratuito de PMC] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
109. Tosepu R., Gunawan J., Effendy D.S., Lestari H., Bahar H., Asfian P. Correlación entre el clima y la pandemia de Covid-19 en Yakarta, Indonesia. Sci. Total Environ. 2020 doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138436. [Artículo gratuito de PMC] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
110. Tseng C.C., Li C.S. Inactivación de virus en superficies por irradiación germicidal ultravioleta. J. Ocupación. Environ. Hyg. 2007;4:400–405. doi: 10.1080/15459620701329012. [Artículo gratuito de PMC] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
111. van der Sande M., Teunis P., Sabel R. Las mascarillas faciales profesionales y caseras reducen la exposición a infecciones respiratorias entre la población general. Plos uno. 2008;3 doi: 10.1371/journal.pone.0002618. [Artículo gratuito de PMC] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
112. van Doremalen N., Bushmaker T., Morris D.H., Holbrook M.G., Gamble A., Williamson B.N., Tamin A., Harcourt J.L., Thornburg N.J., Gerber S.I., Lloyd-Smith J.O. Aerosol y estabilidad superficial de SARS-CoV-2 en comparación con SARS-CoV. N. Engl. J. Med. 2020;382:1564–1567. doi: 10.1056/NEJMc2004973. [Artículo gratuito de PMC] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
113. van Doremalen N., Bushmaker T., Munster V.J. Estabilidad del coronavirus del síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS-CoV) en diferentes condiciones ambientales. Euro Surveill. 2013;18:20590. doi: 10.2807/1560-7917.ES2013.18.38.20590. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
114. Viboud C., Alonso W.J., Simonsen L. Influenza en regiones tropicales. 2006;3:e89. doi: 10.1371/journal.pmed.0030089. [Artículo gratuito de PMC] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
115. Wang J., Du G. COVID-19 puede transmitir a través de aerosol. Ir. J. Med. Sci. 2020:1–2. doi: 10.1007/s11845-020-02218-2. (1971–) [Artículo gratuito de PMC] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

116. Wang J., Tang K., Feng K., Lv W. 2020. Alta Temperatura y Alta Humedad Reducir la Transmisión de COVID-19. Disponible en SSRN 3551767. [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
117. Wang M., Jiang A., Gong L., Luo L., Guo W., Li C., Zheng J., Li C., Yang B., Zeng J., Chen Y. Cambio significativo de temperatura COVID-19 Transmisión en 429 ciudades. MedRxiv. 2020 doi: 10.1101/2020.02.22.20025791. [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
118. Wang W., Xu Y., Gao R., Lu R., Han K., Wu G., Tan W. Detection of SARS-CoV-2 en diferentes tipos de muestras clínicas. Jama. 2020 doi: 10.1001/jama.2020.3786. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
119. Wells W.F. Sobre la infección por aire: estudio II. Gotas y núcleos de gotas. Am. J. Epidemiol. 1934;20:611–618. doi: 10.1093/oxfordjournals.aje.a118097. [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
120. Wenzel R.P. cuarto ed. Lippincott Williams & Wilkins; Filadelfia: 2003. Prevención y Control de Infecciones Nosocomiales. [[Google Scholar](#)]
121. Wenzel R.P., Edmond M.B. Gestión del SARS en medio de la incertidumbre. N. Engl. J. Med. 2003;348:1947–1948. doi: 10.1056/NEJMp030072. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[GoogleScholar](#)]
122. Organización Mundial de la Salud (OMS) 2004. Informe Técnico, Serie No. 924. [https://www.who.int/biologicals/technical\\_report\\_series/en/](https://www.who.int/biologicals/technical_report_series/en/) [[Google Scholar](#)]
123. Organización Mundial de la Salud (OMS) 2007. Prevención y control de infecciones de enfermedades respiratorias agudas propensas a epidemias y pandemias en la atención de la salud — Directrices provisionales de la OMS. [https://www.who.int/csr/bioriskreduction/infection\\_control/publication/en/](https://www.who.int/csr/bioriskreduction/infection_control/publication/en/) (Actualizado: Abril 2014) [[GoogleScholar](#)]
124. Organización Mundial de la Salud (OMS) 2009. Ventilación natural para el control de infecciones en entornos de atención médica. [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/natural\\_ventilation/en/](https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/natural_ventilation/en/) [[Google Scholar](#)]
125. Organización Mundial de la Salud (OMS) 2014. Prevención y control de infecciones de infecciones epidémicas y infecciones respiratorias agudas propensas a la pandemia en las directrices de la OMS sobre la atención sanitaria. [https://www.who.int/csr/bioriskreduction/infection\\_control/publication/en/](https://www.who.int/csr/bioriskreduction/infection_control/publication/en/) [[Google Scholar](#)]
126. Organización Mundial de la Salud (OMS) 2020. Informes de Situación sobre la Enfermedad por Coronavirus (COVID-2019), 05 de mayo de 2020. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports/> [[Google Scholar](#)]
127. Organización Mundial de la Salud (OMS) 2020. Modos de transmisión del virus que causa COVID-19: Implicaciones para las recomendaciones de

- precaución de la CIP: Informe científico, 27 de marzo de 2020.  
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/331601> [Google Scholar]
128. Organización Mundial de la Salud (OMS) 2020. Informe de la Misión Conjunta OMS-China sobre la Enfermedad coronavirus 2019 (COVID-19) 16-24 de febrero de 2020. <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/who-china-joint-mission-on-covid-19-final-report.pdf> [Google Scholar]
129. Organización Mundial de la Salud (OMS) 2020. Guía de Prevención y Control de Infecciones para COVID-19. [https://www.who.int/publications-detail/infection-prevention-and-control-during-health-care-when-novel-coronavirus-\(ncov\)-infection-is-suspected-20200125](https://www.who.int/publications-detail/infection-prevention-and-control-during-health-care-when-novel-coronavirus-(ncov)-infection-is-suspected-20200125) [Google Scholar]
130. Organización Mundial de la Salud (OMS) 2020. Gestión de Ill Travellers en Puntos de Entrada (Aeropuertos Internacionales, Puertos Marítimos y Cruces Terrestres) En el contexto del brote COVID-19. <https://www.who.int/publications-detail/management-of-ill-travellers-at-points-of-entryinternational-airports-seaports-and-groundcrossings-in-the-context-of-covid-19-outbreak> [Google Scholar]
131. Wu Y., Jing W., Liu J., Ma Q., Yuan J., Wang Y., Du M., Liu M. Efectos de la temperatura y la humedad en los nuevos casos diarios y nuevas muertes de COVID-19 en 166 países. *Sci. Total Environ.* 2020;139051. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139051. [Artículo gratuito de PMC][PubMed][CrossRef][Google Scholar]
132. Xie X., Li Y., Chwang A.T., Ho P.L., Seto W.H. Hasta dónde se pueden mover las gotas en ambientes interiores, volviendo a visitar la curva de caída de evaporación de Wells. *Aire interior.* 2007;17:211–225. doi: 10.1111/j.1600-0668.2007.00469.x. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
133. Yang L., Li X., Yan Y., Tu J. Efectos de los chorros de tos en el flujo de aire y el transporte de contaminantes en una sección de cabina de avión. *J. Comput. Multiph. Flujos.* 2017;10:72–82. doi: 10.1177/1757482X17746920. [CrossRef] [Google Scholar]
134. Yang W., Elankumaran S., Marr L.C. Relación entre la humedad y la viabilidad de la gripe A en las gotas e implicaciones para la estacionalidad de la gripe. *Plos uno.* 2012;7 doi: 10.1371/journal.pone.0046789. [Artículo gratuito de PMC][PubMed][CrossRef][Google Scholar]
135. Zhang J., Wang S., Xue Y. Diagnóstico de muestras fecales 2019 nueva neumonía infectada por coronavirus. *J. Med. Virol.* 2020;92:680–682. doi: 10.1002/jmv.25742. [Artículo gratuito de PMC][PubMed][CrossRef][Google Scholar]
136. Zhiqing L., Yongyun C., Wenxiang C., Mengning Y., Yuanqing M., Zhenan Z., Haishan W., Jie Z., Kerong D., Huiwu L., Fengxiang L. Máscaras quirúrgicas como fuente de contaminación bacteriana durante los procedimientos operativos. *J. Orthop.* 2018;14:57–62. doi: 10.1016/j.jot.2018.06.002. [Artículo gratuito de PMC][PubMed][CrossRef][Google Scholar]

137. Zhu Y., Xie J. Asociación entre la temperatura ambiente y la infección POR COVID-19 en 122 ciudades de China. Sci. Total Environ. 2020;724 doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138201. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
138. Zhu Y., Xie J., Huang F., Cao L. Asociación entre la exposición a corto plazo a la contaminación del aire y la infección POR COVID-19: evidencia de China. Sci. Total Environ. 2020;727 doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138704. [[Artículo gratuito de PMC](#)][[PubMed](#)][[CrossRef](#)][[GoogleScholar](#)]
139. Zou L., Ruan F., Huang M., Liang L., Huang H., Hong Z., Yu J., Kang M., Song Y., Xia J., Guo Q., Song T., He J., Yen H., Peiris M., Wu J. Carga viral del SARS-CoV-2 en muestras de las vías respiratorias superiores de pacientes infectados. N. Engl. J. Med. 2020; 382 : 1177–1179. doi: 10.1056 / NEJMc2001737. [ [Artículo gratuito de PMC](#) ] [ [PubMed](#) ] [ [CrossRef](#) ] [ [Google Scholar](#) ]