XI Congreso Panamericano
XXV Congreso Chileno
de Esterilización Hospitalaria

28 y 29 OCTUBRE 2021

SARS_CoV_2 y transmisión por aerosoles.

Lic. Mg. Silvia Guerra- Uruguay

sguerramail@gmail.com

twitter @licsilviaguerra

Esterilización: Ciencia y difusión del conocimiento
desde el sur del mundo

FELACEH

SPECH

Enfoque de la presentación:

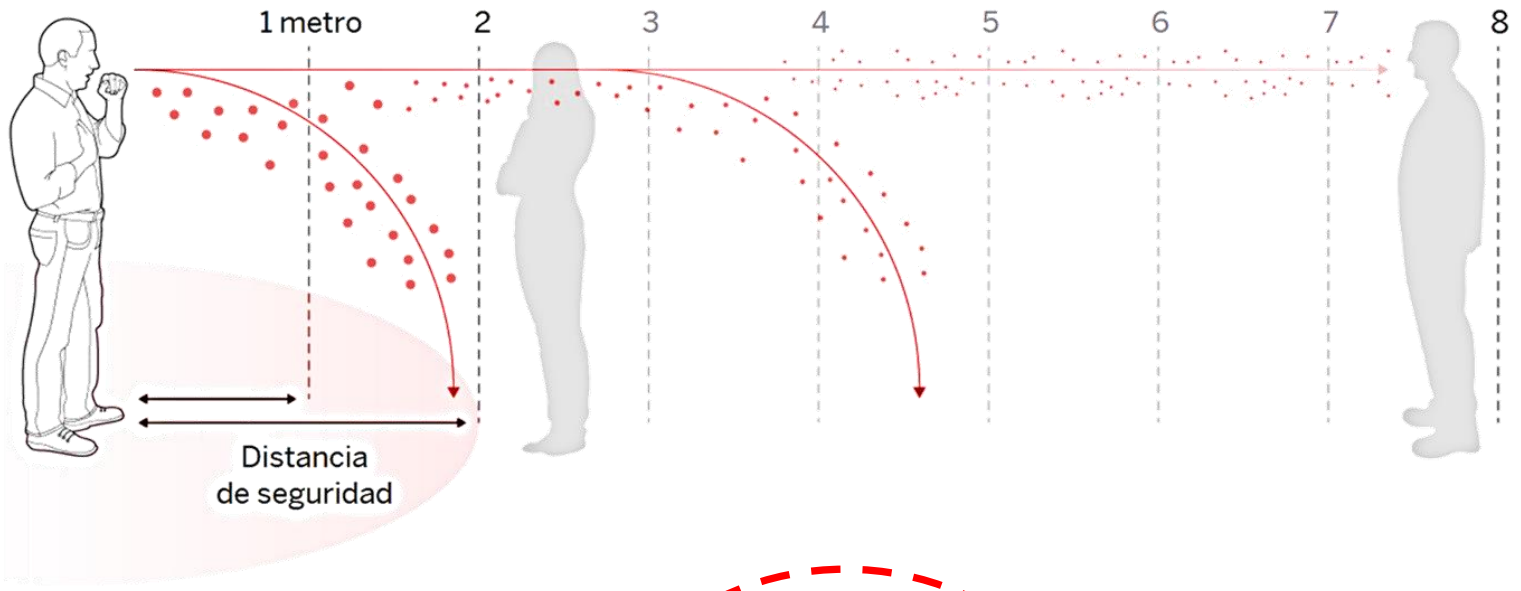
La transmisión aérea es la forma dominante de transmisión de SARS-CoV-2.

Clave del tema

La transmisión por gotitas y fómites del SARS-CoV-2 por sí sola no puede explicar los numerosos eventos de super-propagación y las diferencias en la transmisión entre ambientes interiores y exteriores observados durante la pandemia de COVID-19.

GOTAS vs AEROSOLES es una distinción didáctica pero artificial

Aerosoles: partículas de < 100 µm que permanecen suspendidas en aire en calma durante> 5 s (desde una altura de 1,5 m), viajan más allá de 1 m de la persona infectada y pueden inhalarse.



Las **partículas más voluminosas**

GOTAS

caen al suelo en los primeros 1 o 2 metros

La distinción clásica en dos grupos es artificial. En realidad se trata de una gama continua y difusa de partículas de distintos volúmenes.

Los **núcleos de gotitas (aerosoles)** pueden extenderse hasta 6-8 metros y permanecer en el aire

Fuente: NEJM.

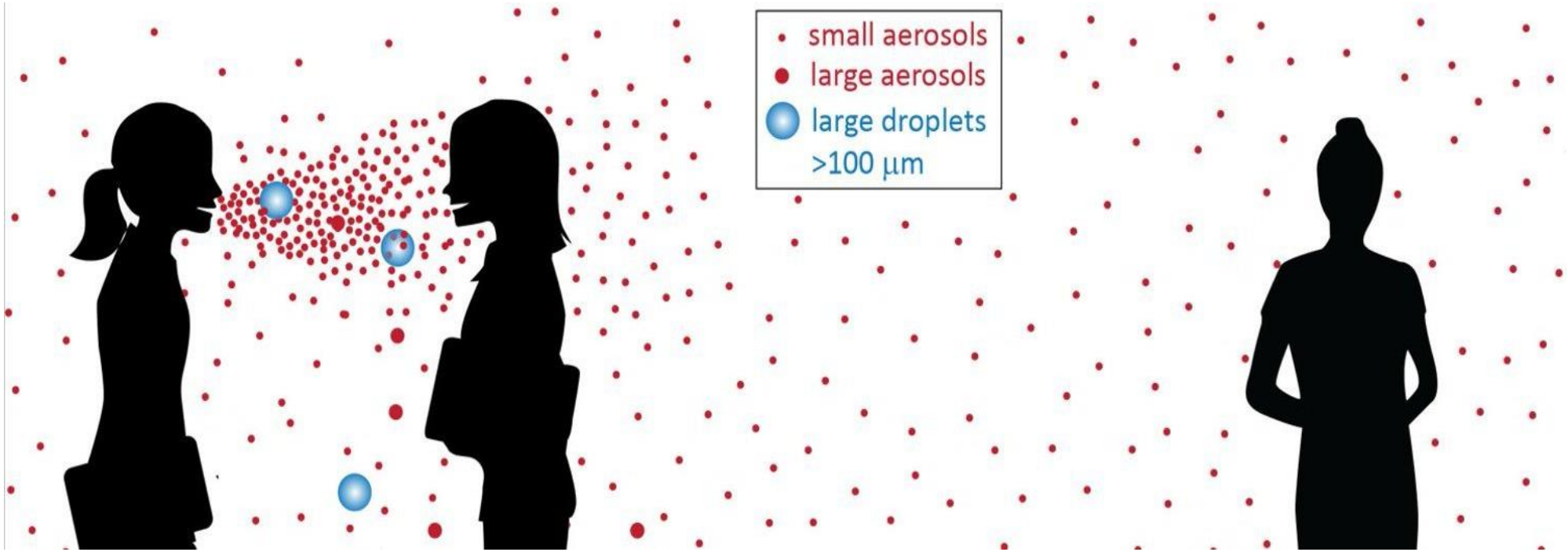
Transmisión por aerosoles vs gotas

Tanto los 'aerosoles' como las 'gotas' deben considerarse extremos de un rango de tamaño para el cual su patrón en el aire variará dependiendo de las condiciones ambientales (temperatura, flujo de aire, humedad relativa, tamaño de la partícula)

La definición histórica de transmisión aérea ignora la posibilidad de que los aerosoles también puedan inhalarse a corta distancia de una persona infectada, donde la exposición es más probable porque los aerosoles exhalados están más concentrados cerca de la persona que los emite.

Las partículas azules representan gotas (>100 µm de diámetro) que caen al suelo por gravedad a <2 m de la fuente.

Las partículas rojas representan aerosoles, entre 1-<100 µm, que permanecen suspendidos por más tiempo, pero eventualmente caen al suelo si el aire permanece inmóvil durante el tiempo suficiente.

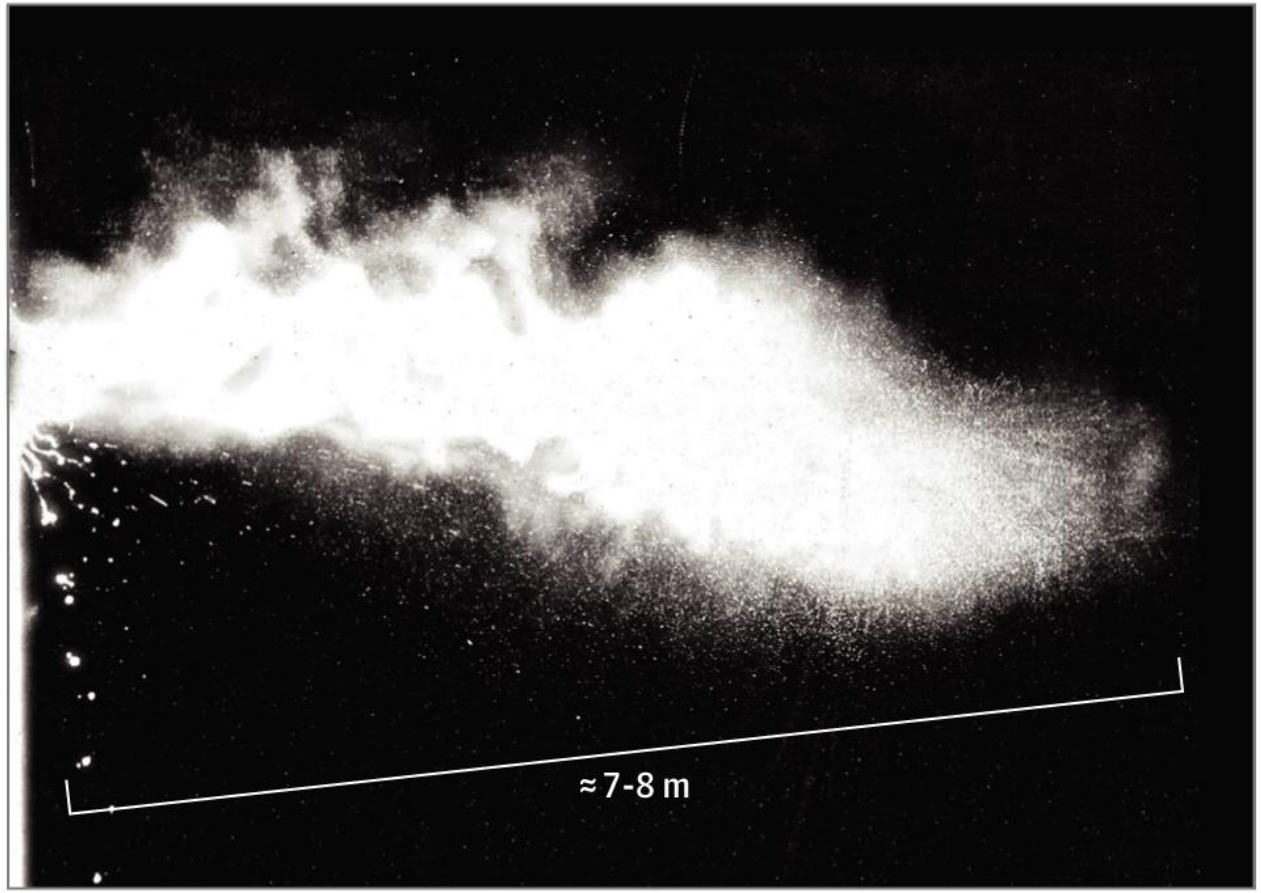


Journal of Hospital Infection 2021 11089-96DOI: (10.1016/j.jhin.2020.12.022)

El “humo”expiratorio

Las exhalaciones no solo consisten en gotitas muco-salivares que siguen trayectorias de emisión semi-balísticas sino que están compuestas principalmente por una nube de gas turbulento (una bocanada) que arrastra el aire ambiental y atrapa y transporta dentro gotitas con un continuo de diversos tamaños.

Multiphase Turbulent Gas Cloud From a Human Sneeze



Bourouiba L. Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions: Potential Implications for Reducing Transmission of COVID-19. *JAMA.* 2020;323(18):1837–1838. doi:10.1001/jama.2020.4756

Nube exhalada

- En ésta trayectoria las gotas de todos los tamaños se depo
  o se evaporan según su tamaño, y también del grado de turbulencia y velocidad de la nube de gas, junto con las propiedades del medio ambiente (temperatura, humedad y flujo de aire).

- La distancia a la que estas partículas transmiten la infección no se debe usar para definirlas como 'gotas' o como 'transmitidas por el aire'. Si pueden inhalarse, no importa la distancia que hayan viajado, son aerosoles.

“Las gotas caen al suelo, no se inhalan. Todo lo demás es un aerosol cuando se inhala, sea del tamaño que sea ".

Bourouiba L. Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions: Potential Implications for Reducing Transmission of COVID-19. *JAMA.* 2020;323(18):1837–1838. doi:10.1001/jama.2020.4756

Transmisión aérea de virus respiratorios.

Cada fase está influenciada por una combinación de factores aerodinámicos, anatómicos y ambientales.

Phase 1 → **Phase 2** → **Phase 3**

(i) generación y exhalación

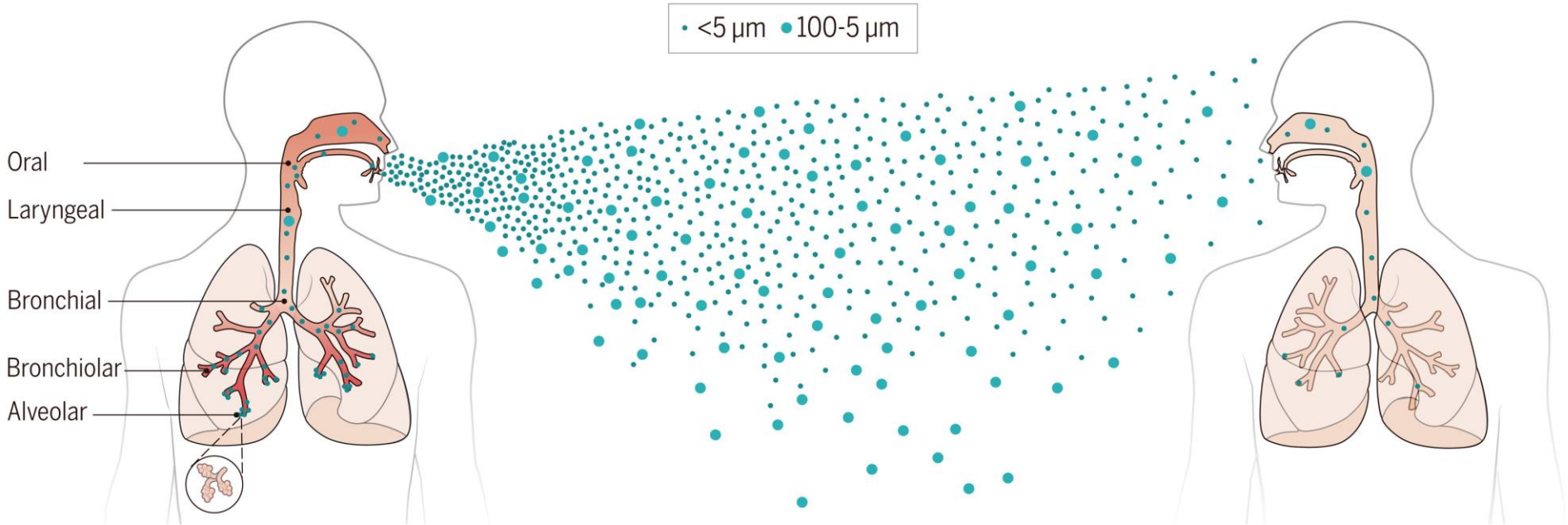
- Generation mechanisms
- Viral load at generation sites
- Size distribution of exhaled aerosols
- Number of virions in aerosol

(ii) transporte

- Settling velocity and residence time in air
- Size change during transport
- Persistence of viruses in aerosols
- Environmental factors: temperature, humidity, airflow and ventilation, UV radiation

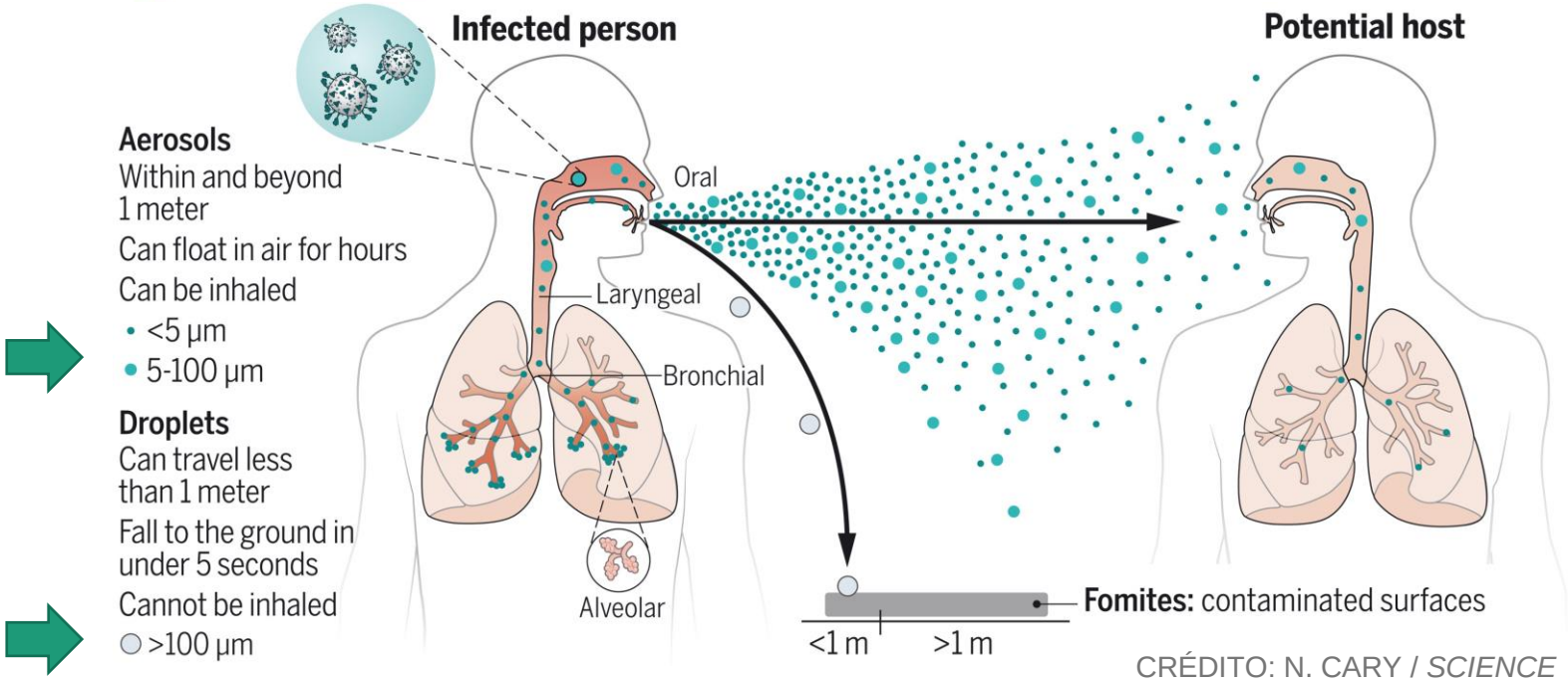
(iii) inhalación, deposición e infección

- Size distribution of inhalable aerosols
- Deposition mechanisms
- Size-dependent deposition sites
- Deposition site susceptibility



Chang et al. Airborne transmission of respiratory viruses. https://doi.org/10.1126/science.abd9149

Transmision aérea vs gotitas



CRÉDITO: N. CARY / *SCIENCE*

Los aerosoles cargados de virus (<100 I1 / 4m) son exhalados y transportados en el medio ambiente.

Pueden ser inhalados para iniciar una nueva infección, siempre que sigan siendo infecciosos.

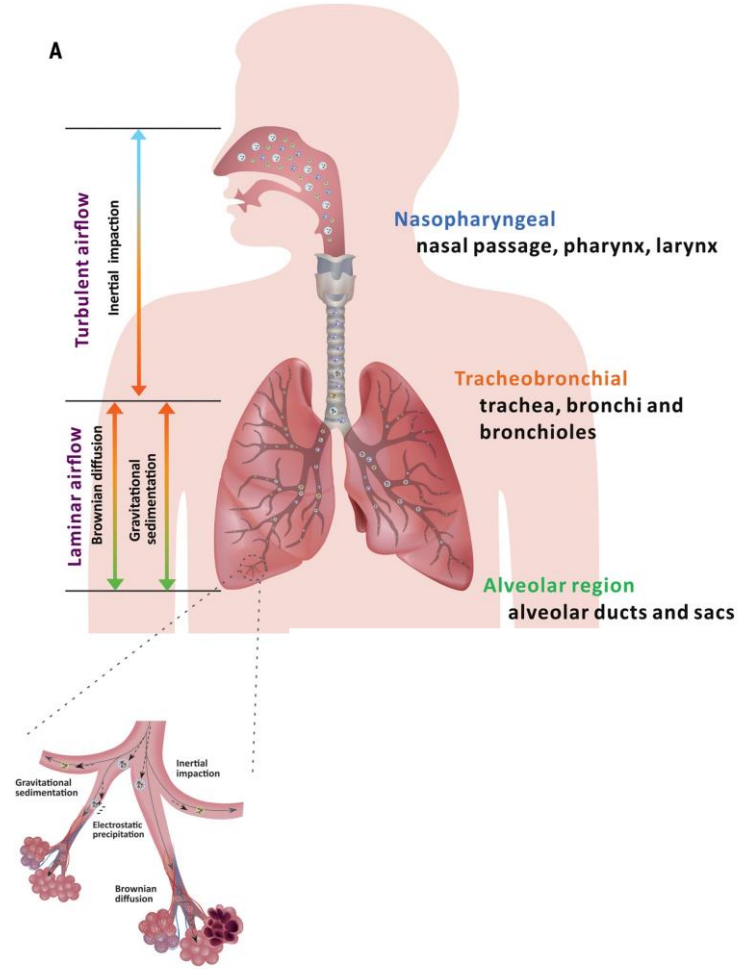
A diferencia de las gotitas (> 100 I1 / 4 m), los aerosoles pueden permanecer en el aire durante horas y viajar más allá de 1 a 2 m del individuo infectado que los exhala, provocando nuevas infecciones por inhalación tanto a corto como a largo alcance.

Chang et al. Airborne transmission of respiratory viruses. https://doi.org/10.1126/science.abd9149

Producción de aerosoles

- Las actividades espiratorias producen aerosoles desde diferentes sitios en el tracto respiratorio a través de distintos mecanismos.
- Los aerosoles producidos por actividades como respirar, hablar y toser exhiben diferentes distribuciones de tamaño de aerosol y velocidades de flujo de aire, que a su vez gobiernan los tipos y cargas de virus que puede transportar cada partícula de aerosol, el tiempo de residencia en el aire, el distancia recorrida y, en última instancia, los sitios de depósito en el tracto respiratorio de una persona que los inhala.

Mecanismos de deposición de aerosoles dependientes del tamaño en sitios del tracto respiratorio.

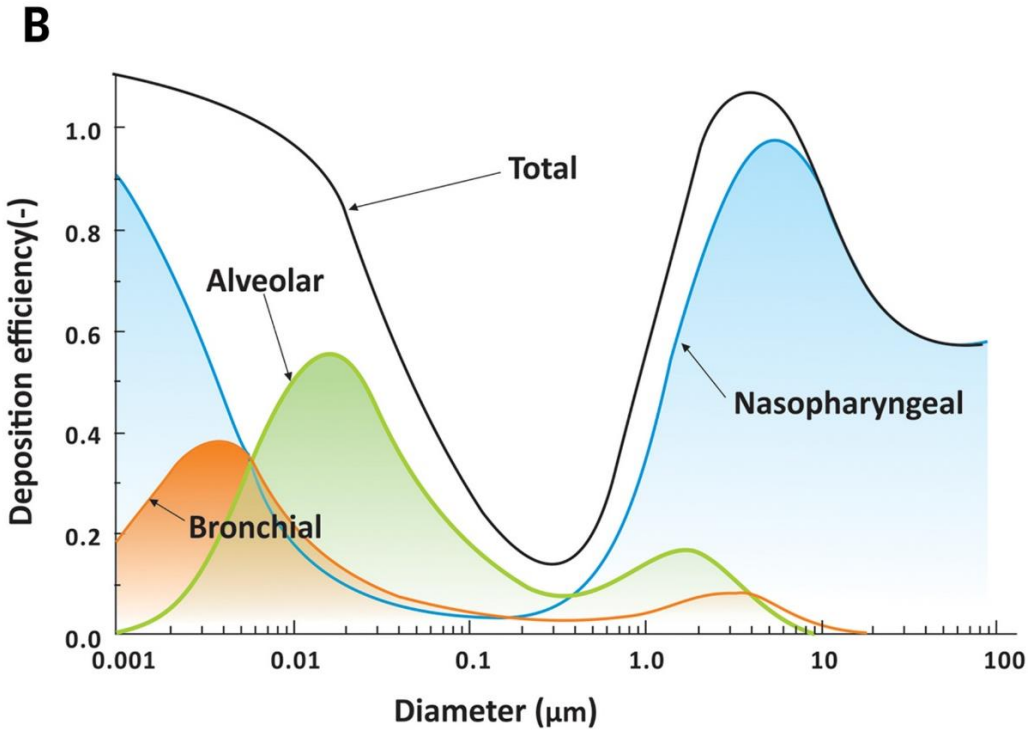


Los aerosoles grandes tienden a depositarse en la región nasofaríngea como resultado de la impactación inercial, mientras que los aerosoles pequeños tienden a depositarse en las regiones traqueobronquial y alveolar.

La vista de las regiones traqueobronquial y alveolar ilustra el mecanismo de depósito de las partículas respiratorias.

Chang et al. Airborne transmission of respiratory viruses. https://doi.org/10.1126/science.abd9149

Mecanismos de deposición de aerosoles dependientes del tamaño en sitios del tracto respiratorio.



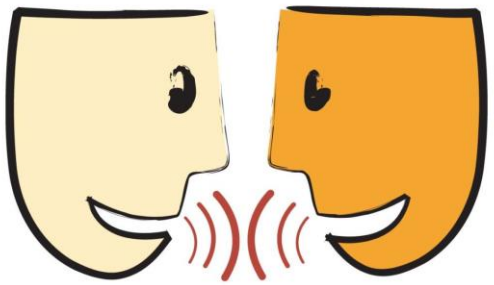
La mayoría de los grandes aerosoles se depositan en la región nasofaríngea; sólo los aerosoles lo suficientemente pequeños pueden alcanzar y depositarse en la región alveolar.

Chang et al. Airborne transmission of respiratory viruses. https://doi.org/10.1126/science.abd9149

Producción de aerosoles

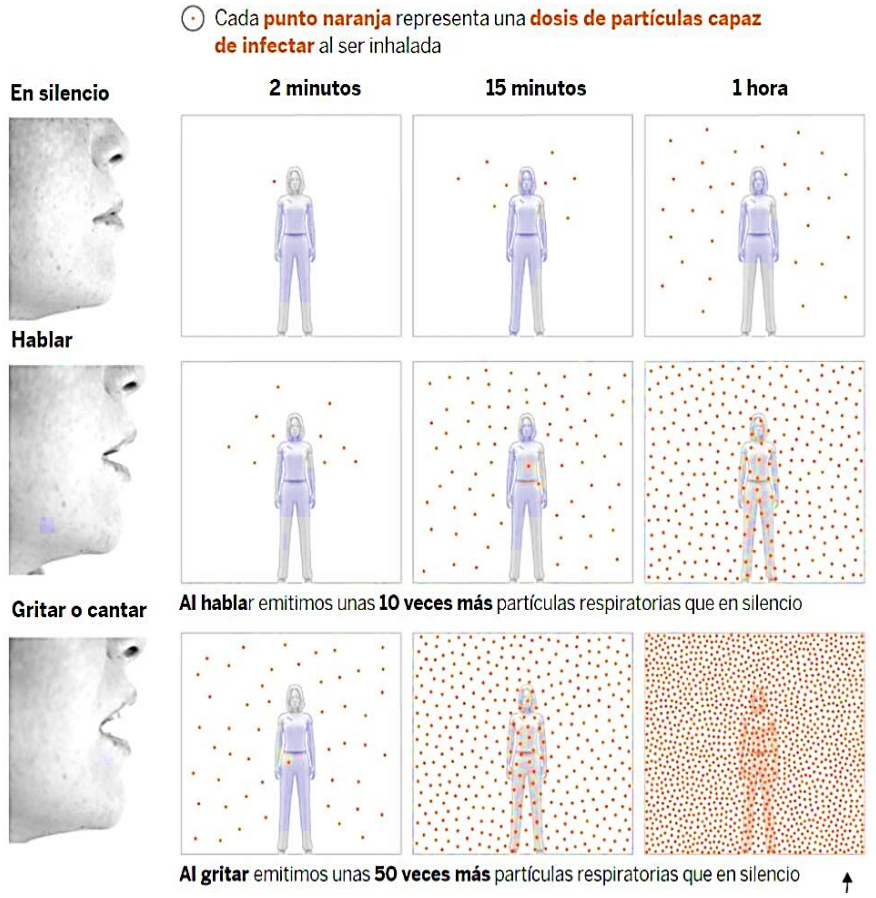
- 1 minuto de conversación puede producir al menos 1000 aerosoles.
- Aunque la tos puede producir más aerosoles en un corto período de tiempo, es mucho más esporádica que la respiración y el habla continuos, especialmente para las personas infectadas asintomáticas.

→ la respiración, el habla y otras vocalizaciones continuas de las personas infectadas probablemente liberarán más aerosoles cargados de virus en general que la tos menos frecuente.



Emisión de partículas

- Con el habla las partículas en promedio son más grandes y se emiten mayor cantidad en comparación con la respiración (esto aumenta el probabilidades de infectar a otros)
- Cantar y gritar incrementan la emisión de gotas y aerosoles.
- También agitarse (hacer ejercicio físico)



Asadi, S., Wexler, A.S., Cappa, C.D. *et al.* Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness. *Sci Rep* **9,** 2348 (2019). https://doi.org/10.1038/s41598-019-38808-z

Aerosoles: no solo se generan en procedimientos hospitalarios

- Grandes cantidades de SARS-CoV-2 también se expulsan en pequeños aerosoles emitidos cuando alguien habla a un volumen normal o respira.
- Los estornudos y la tos generalmente producen partículas más grandes de líquido aunque mas veloces.
- Una sola persona en las primeras etapas del COVID-19 podría emitir millones de partículas virales por hora solo a través de la respiración.
- Cuando alguien no está tosiendo, puede producir menos gotas pero aún emitir muchos aerosoles (por eso las personas con COVID-19 asintomáticas también contagian)

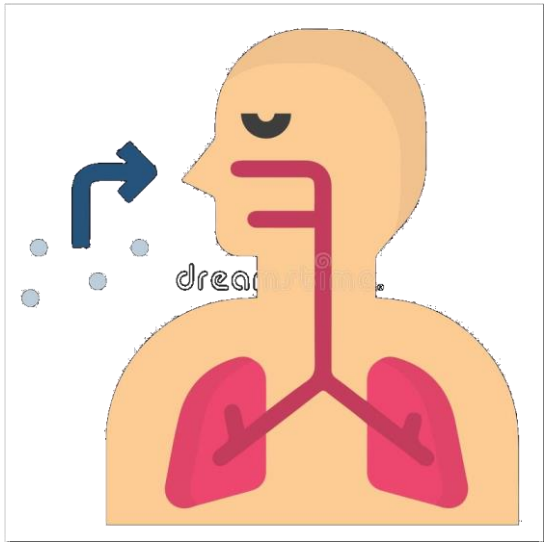
Clin Infect Dis. 2020 Aug 28 : ciaa1283

¿SARS-CoV-2 puede transmitirse por aerosoles incluso en ausencia de “procedimientos generadores de aerosoles”?

- Hablar, gritar, cantar y toser produce una mezcla de gotitas y aerosoles en una variedad de tamaños.
- SARS-CoV-2 permanece suspendido en el aire y viable durante horas en éstas partículas.
- El ARN y el virus SARS-CoV-2 pudo recuperarse de muestras de aire en salas de hospital.
- Una ventilación deficiente prolonga la cantidad de tiempo que los aerosoles permanecen en el aire favoreciendo el contagio.

El peligro de los aerosoles con carga viral

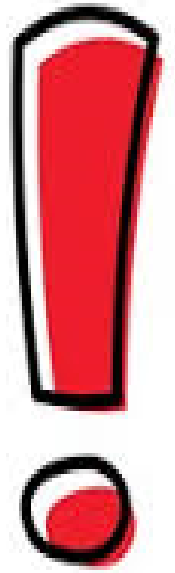
- Aunque gotitas producidas por un individuo infeccioso a través de toser o estornudar pueden transmitir la infección a distancias cortas (<0,5 m), el número y la carga viral de los aerosoles producidos a través del habla y otras actividades espiratorios son mucho más altos que los de las gotas.



- Los aerosoles son lo suficientemente pequeños como para permanecer en el aire, acumularse en espacios mal ventilados y ser inhalados a distancias cortas y largas.

Via de trasmisión de SARS COV 2: inhalación de aerosoles vs gotas

La transmisión de virus respiratorios está dominada por la inhalación de aerosoles de corto alcance en la mayoría de las distancias dentro de los 2 m de la persona infectada y las gotas solo son dominantes cuando los individuos están dentro de los 0,2 metros cuando hablan o 0,5 metros cuando tosen.



W. Chen, N. Zhang, J. Wei, H.-L. Yen, Y. Li, Short-range airborne route dominates exposure of respiratory infection during close contact. *Build. Environ.* **176**, 106859 (2020).

Hay virus dentro de los aerosoles?

- Se ha detectado ARN del SARS-CoV-2 y se han recuperado virus infecciosos en aerosoles que varían de 0,25 a> 4 μm

- Los estudios de laboratorio han encontrado que el SARS-CoV-2 en aerosol tiene una vida media de ~ 1 a 3 horas.

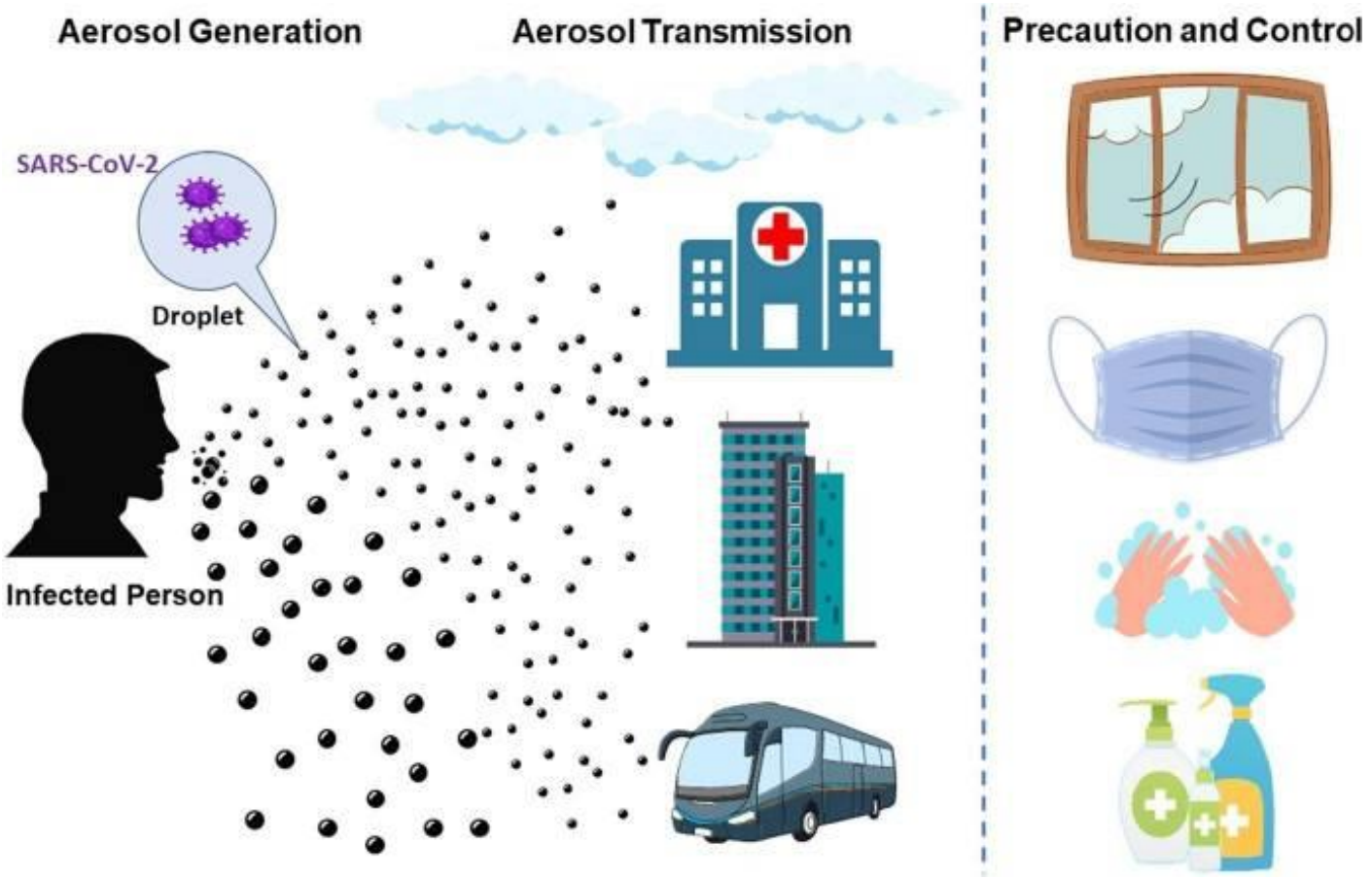
Se ha recuperado el virus del aire?

- El SARS-CoV-2 sobrevivió en aerosoles por > 3 h en el aire, con una vida media de 1,1 h (21–23 ° C; humedad relativa 65%) (van Doremalen et al., 2020).
- La variante Alpha (Reino Unido) podría permanecer viable en aerosoles durante al menos 90 min en condiciones experimentales (saliva artificial y medios de cultivo de tejidos) (Smither et al., 2020).
- El SARS-CoV-2 en aerosoles de tamaño respirable podría persistir y mantener la infectividad hasta por 16 h (Fears et al., 2020).
- En conjunto, estos resultados indican que el SARS-CoV-2 podría sobrevivir en aerosoles durante un tiempo relativamente largo en condiciones favorables y potencialmente propagarse a través de aerosoles.

Tang S, Mao Y, Jones RM, et al. Aerosol transmission of SARS-CoV-2? Evidence, prevention and control. *Environ Int*. 2020;144:106039. doi:10.1016/j.envint.2020.106039

SARS_CoV_2 puede trasmitirse por aerosoles

El SARS-CoV-2 sobrevive en aerosoles durante un tiempo relativamente largo en condiciones favorables y puede propagarse a través de ellos.



Tang S, Mao Y, Jones RM, et al. Aerosol transmission of SARS-CoV-2? Evidence, prevention and control. *Environ Int*. 2020;144:106039. doi:10.1016/j.envint.2020.106039

De que depende riesgo de trasmisión de SARS_CoV_2 ?

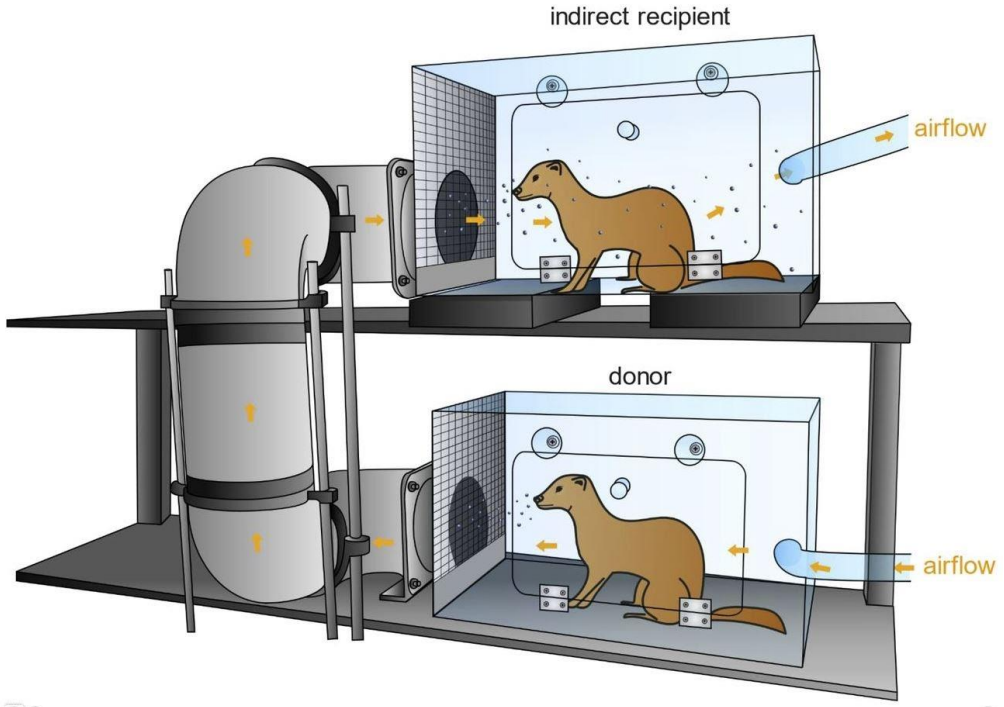
Carga viral exhalada
Sintomático
Variante del virus
Etapa de la enfermedad
Tiempo permanencia en el ambiente
Actividad realizada

Ambiente abierto o cerrado
Tiempo de exposición
Uso de protección (mascarilla, distancia, HM)
Numero personas
Actividad realizada
Condiciones ambientales/Calidad del aire/Ventilación

https://espanol.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/how-covid-spreads.html

Trasmision aérea experimental con hurones

- Los hurones sanos se colocaron en una jaula que estaba encima de los hurones infectados y las jaulas se conectaron con tuberías que tenían una serie de curvas de 90º
- Para SARS-CoV-2, 2 de los 4 hurones dieron positivo.
- La infección se propagó por el aire, alrededor de las esquinas y contra la gravedad, lo cual es inconsistente con la transmisión por gotitas, pero describe perfectamente la transmisión por aerosoles.



https://doi.org/10.1101/2020.10.19.345363

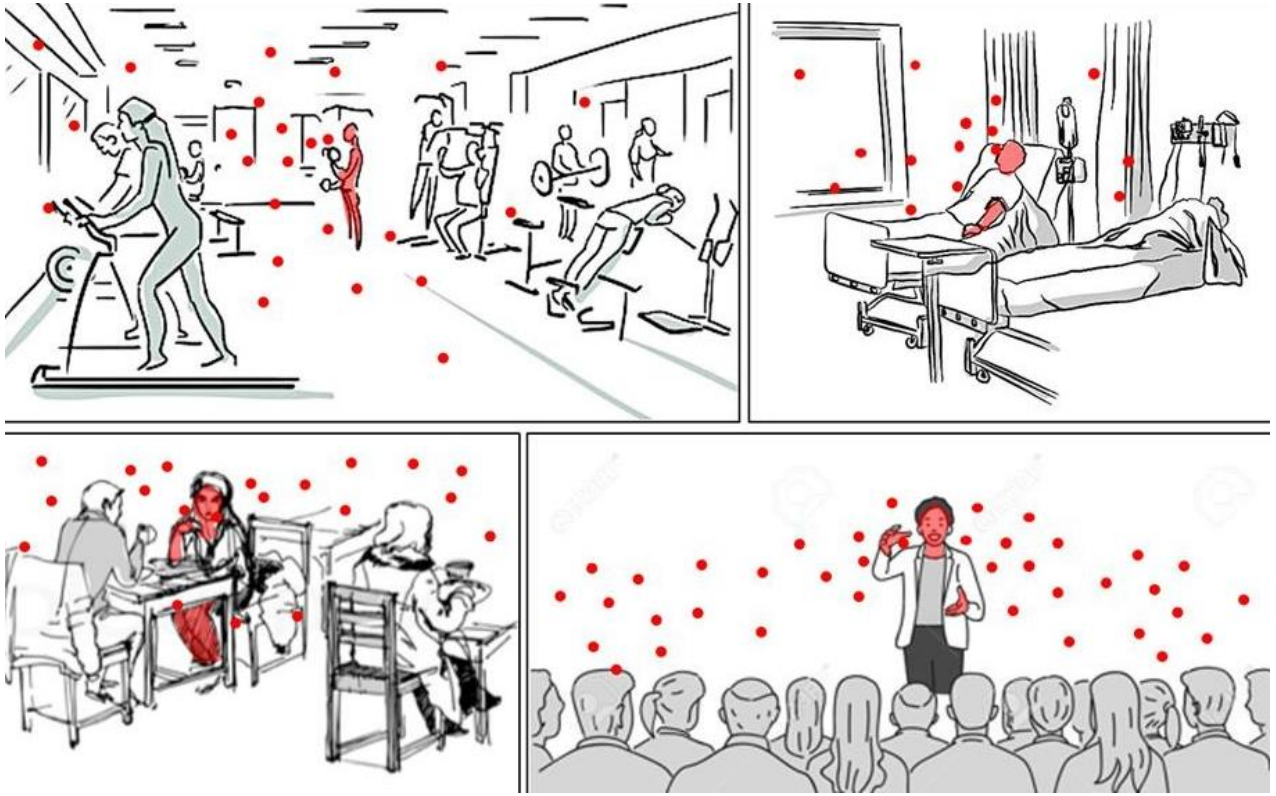
Eventos de superpropagación

- La minoría de casos es responsable de la mayoría de las transmisiones. El 80% de los casos no infectaron a nadie. Y el 20% de los casos fueron responsables del 80% de la transmisión → super-propagación.

- Se necesita tener mucha gente alrededor de un caso contagioso (hacinamiento o aglomeración). Y que el caso sea relativamente más contagioso.

GIMNASIOS

HOSPITALES o LARGA ESTADIA



BARES
RESTAURANTES

IGLESIAS

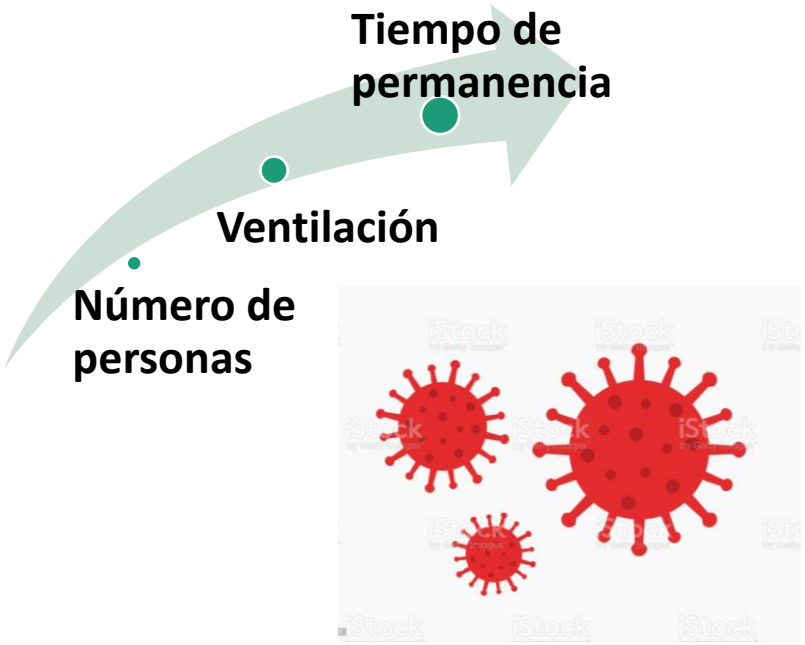
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020320675?via%3Dihub

La emisión de aerosoles y la superemisión durante el habla humana aumentan con el volumen de la voz.

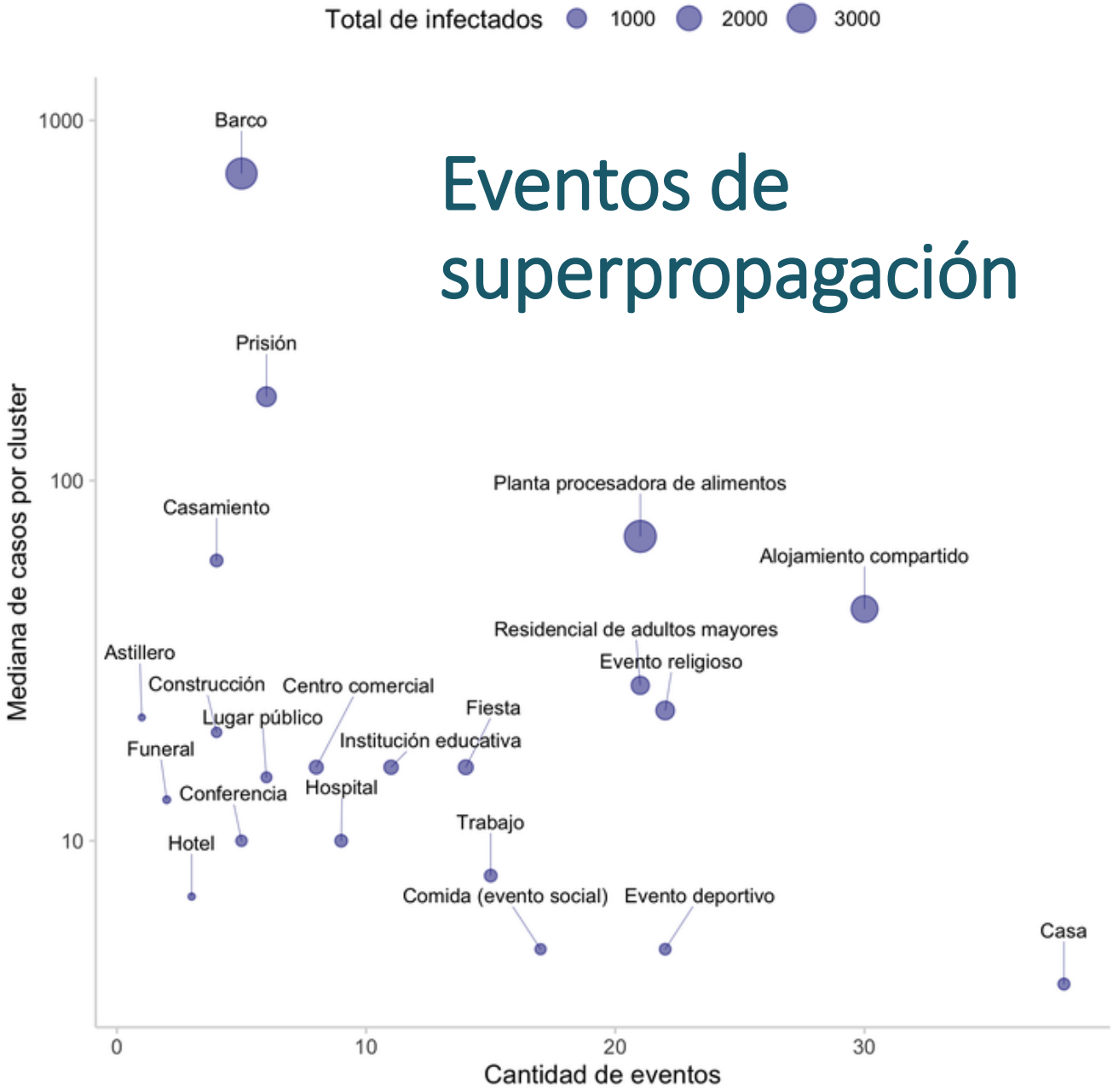
- La tasa de emisión de partículas durante el habla humana normal se correlaciona positivamente con el volumen de voz.
- Una pequeña fracción de individuos se comporta como "super-emisores", liberando consistentemente más partículas que sus pares.
- Esto podría **afectar la probabilidad de transmisión de enfermedades infecciosas respiratorias y también ayuda a explicar la existencia de superpropagadores que son desproporcionadamente responsables de los brotes de enfermedades transmitidas por el aire.**

Asadi, S., Wexler, A.S., Cappa, C.D. *et al.* Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness. *Sci Rep* **9,** 2348 (2019). https://doi.org/10.1038/s41598-019-38808-z

- Un número significativo de casos de COVID-19 se remonta a eventos de super-propagación en ambientes interiores.



Eventos de superpropagación



Majra D, Benson J, Pitts J, Stebbing J. SARS-CoV-2 (COVID-19) superspreader events. *J Infect*. 2021;82(1):36-40. doi:10.1016/j.jinf.2020.11.021

“El aire viciado”

- Muchas personas en un mismo ambiente desarrollaran una infección cuando la carga viral tenga tiempo de acumularse lo suficiente para que todos estén altamente expuestos.

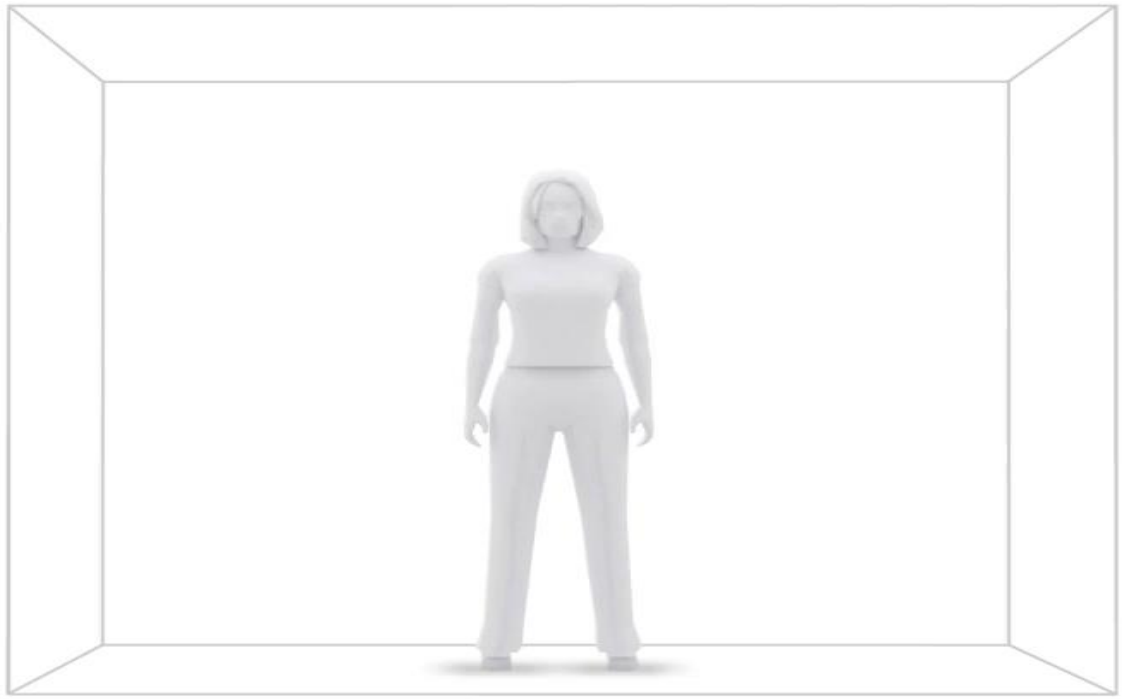
- El aspecto importante es que la transmisión por aerosoles es posible e incluso predominante en estas situaciones (espacios cerrados)

J Hosp Infect. 2021 26 de mayo
doi: 10.1016 / j.jhin.2021.05.007

Sin ventilación, los aerosoles quedan en suspensión y se concentran cada vez más a medida que pasa el tiempo.

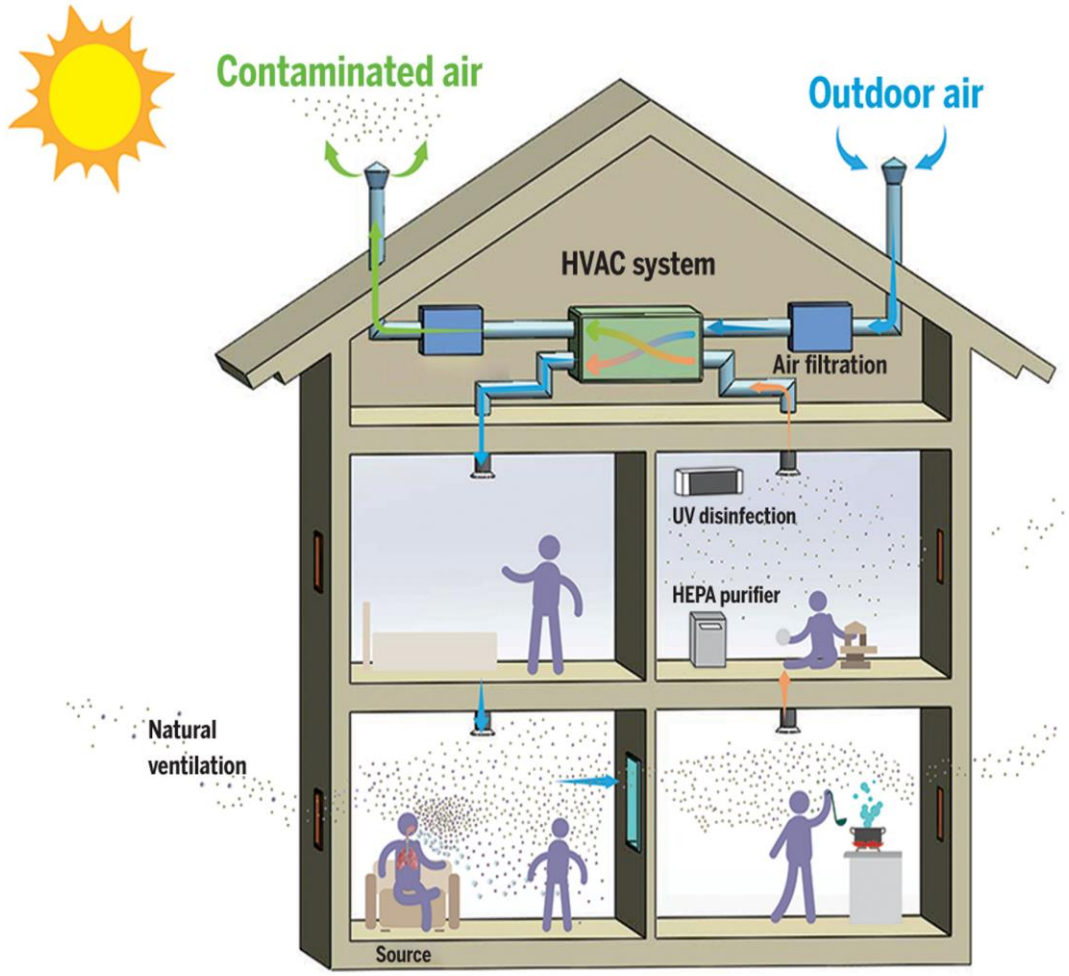
Relación entre tiempo y contaminación del aire

(Video muestra como se incrementa la contaminación del aire en transcurso del tiempo)



Factores que afectan la transmisión aérea en interiores.

- El movimiento de los aerosoles está fuertemente influenciado por la dirección y el patrón del flujo de aire, el tipo de ventilación y la filtración del aire.



Factors affecting distribution of aerosols indoors

- **Airflow direction pattern**
- **Ventilation type**
  - Natural
  - Mechanical
  - Hybrid
- **Air filtration and disinfection**
  - Portable air cleaner with HEPA filters
  - Air filtration in HVAC system
  - Upper room UV disinfection

Chang et al. Airborne transmission of respiratory viruses. https://doi.org/10.1126/science.abd9149

Ambientes exteriores vs ambientes interiores

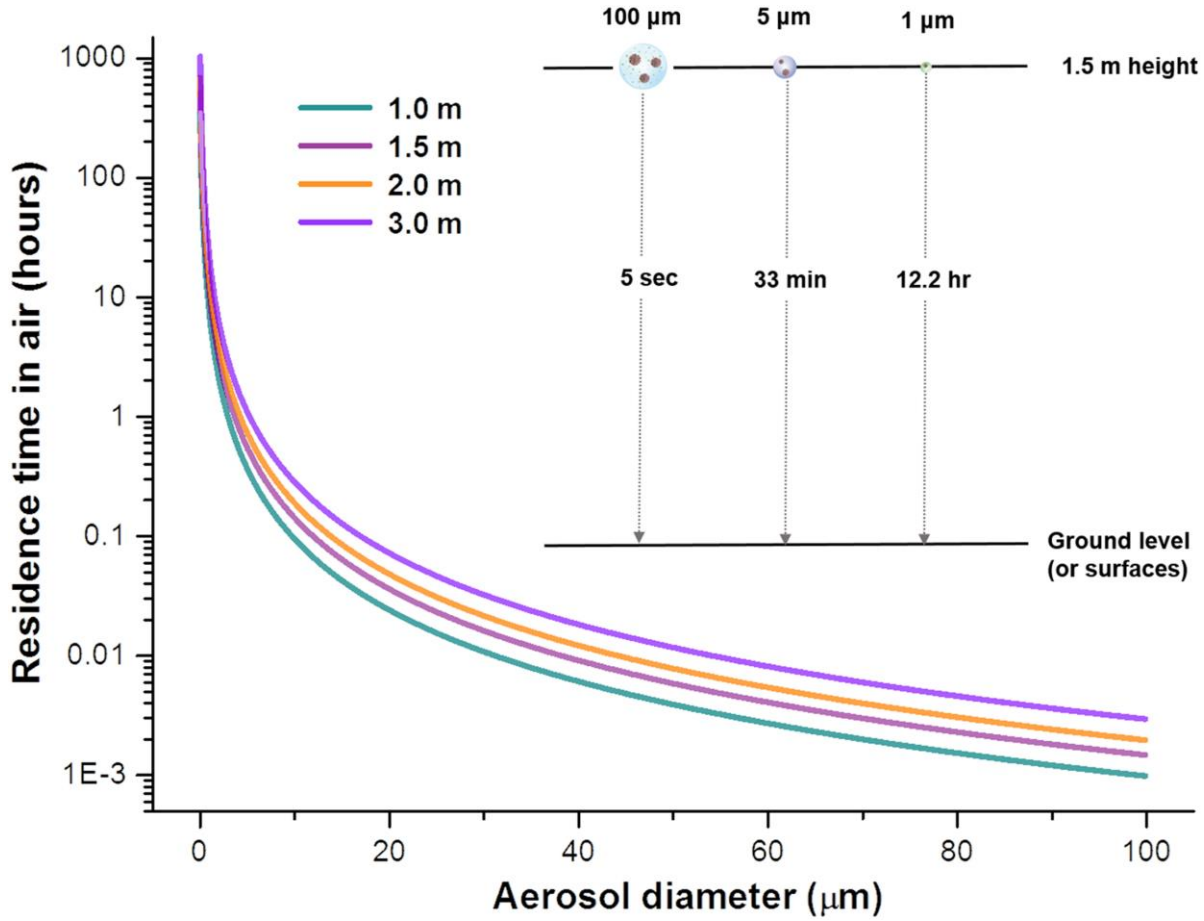
- Un estudio examinó 110 casos entre 11 conglomerados, donde el 24,6% fueron casos primarios que generaron casos secundarios.
- Las probabilidades de que un caso primario transmitiera COVID-19 **en un entorno cerrado eran 18,7 veces mayores en comparación con un entorno al aire libre** ($IC_{95\%}$: 6,0 -57,9).
- **EN SUMA** Los ambientes cerrados contribuyen a la transmisión secundaria de COVID-19 y promuevan eventos de super-propagación → esto es compatible con trasmision aérea.

Nishiura H., Oshitani H., Kobayashi T. et al. Los entornos cerrados facilitan la transmisión secundaria de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19). 2020. doi: 10.1101 / 2020.02.28.20029272

¿Cuánto tiempo pueden permanecer los aerosoles en el aire?

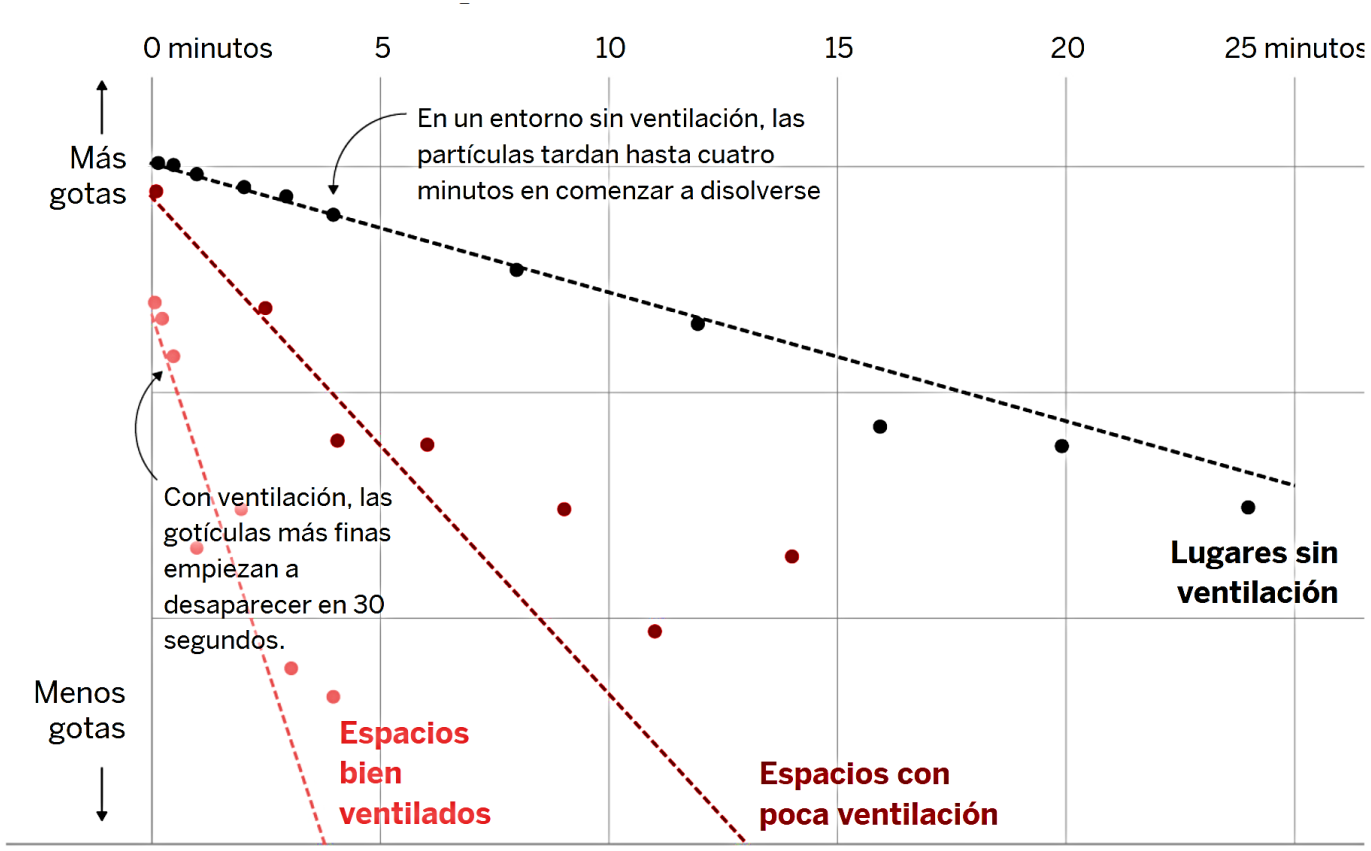
Tiempo necesario para que un aerosol caiga al suelo (o superficies) desde una altura de 1,5 m según su tamaño:

- 100 µm: 5 s,
- 5 µm: 33 min o
- 1 µm: 12,2 horas.



Chang et al. Airborne transmission of respiratory viruses. https://doi.org/10.1126/science.abd9149

La permanencia de las gotas y aerosoles depende de la ventilación además del tamaño



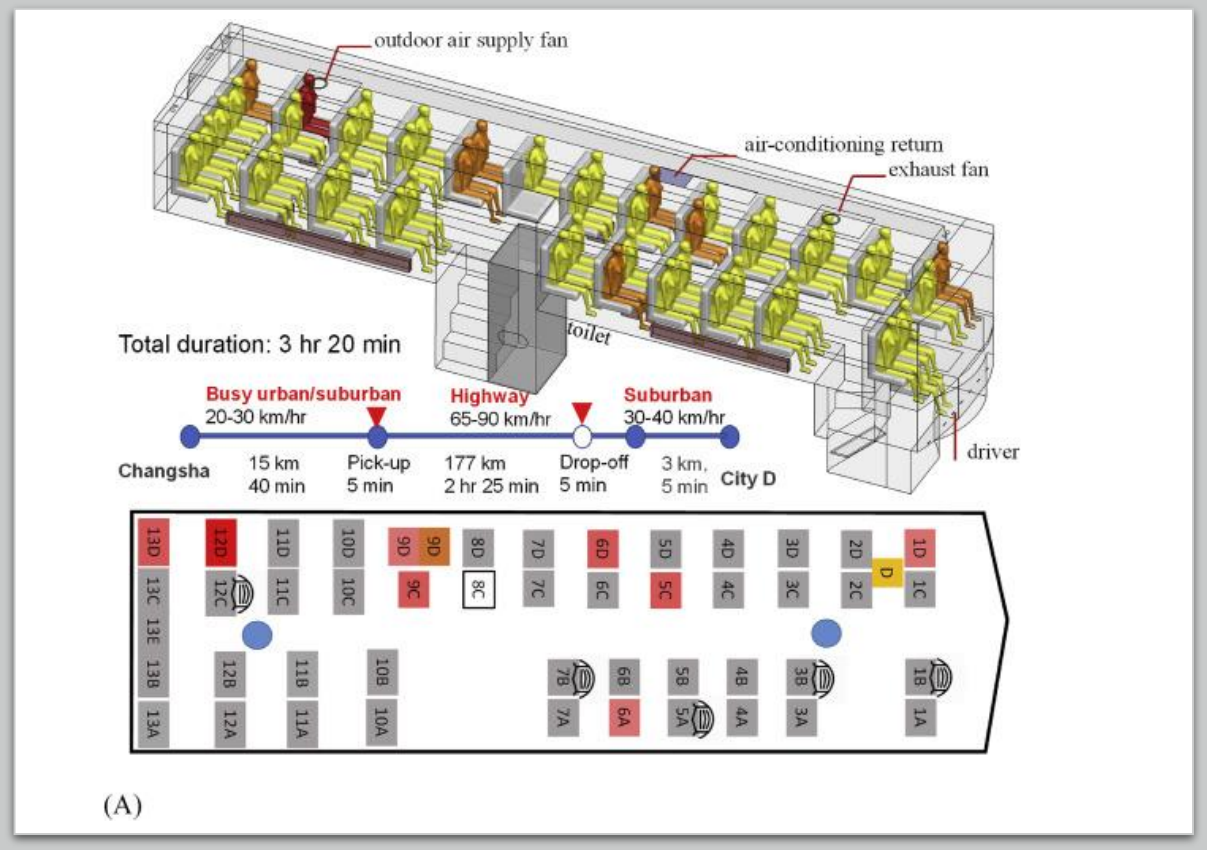
Fuente: The Lancet.
EL PAÍS

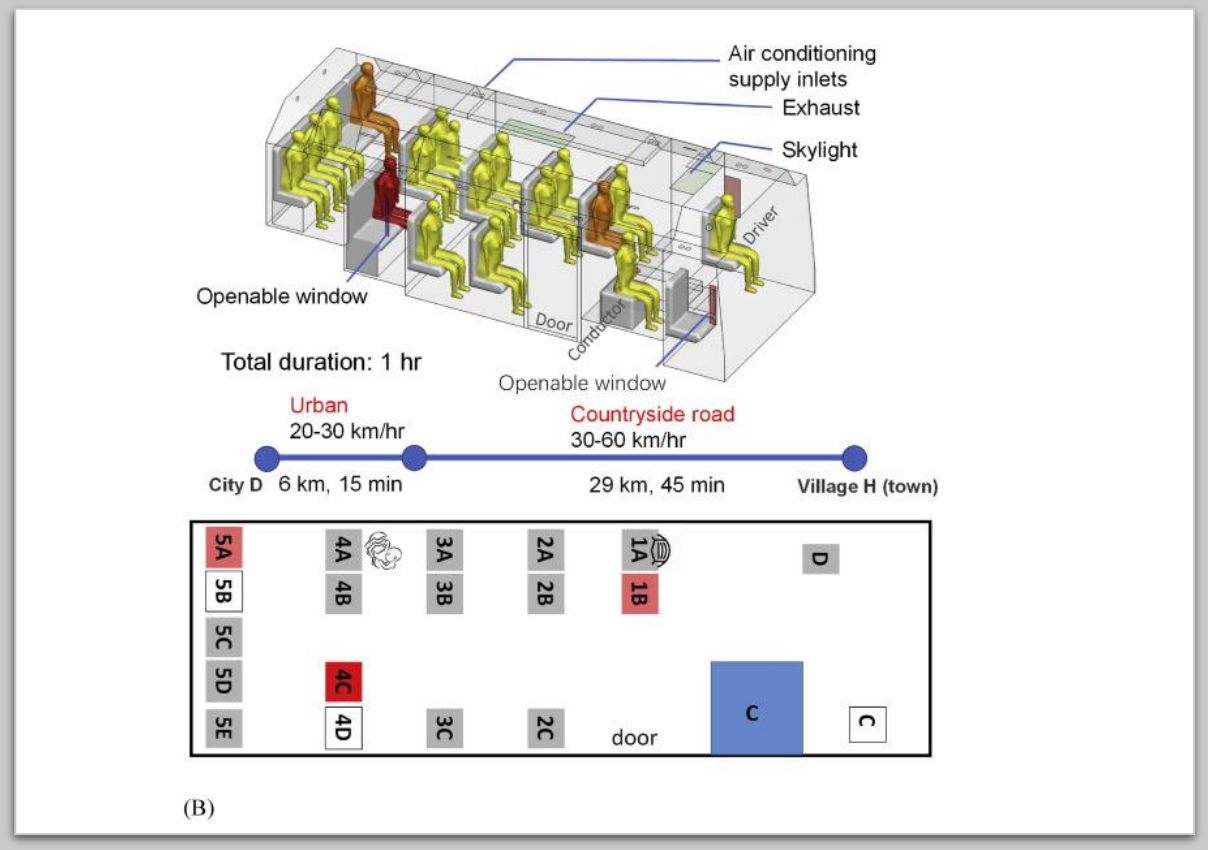
La ventilación insuficiente provocó una probable transmisión aérea de largo alcance del SARS-CoV-2 en dos autobuses

- ✓ Diez pasajeros fueron infectados en dos autobuses por un caso índice.
- ✓ Las tasas de ventilación promediadas en el tiempo fueron de 1,72 y 3,22 L / s por persona en dos autobuses, respectivamente.
- ✓ La tasa de ventilación y el tiempo de exposición más bajos llevaron a una mayor tasa de ataque.
- ✓ La ventilación insuficiente jugó un papel en este brote de COVID-19 en dos buses.
- ✓ Proporcionar suficiente ventilación reduce la infección.

https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108414

La ventilación insuficiente provocó una probable transmisión aérea de largo alcance del SARS-CoV-2 en dos autobuses





https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108414

Trasmisión por aerosoles en un bus

- La transmisión aérea de largo alcance causó algunas de las infecciones en el bus B1 y también probablemente en el bus B2.
- El brote se produjo en espacios concurridos con ventilación insuficiente a 3,2 L / s por persona o menos.
- Esto revela una clara necesidad de proporcionar suficiente ventilación en el transporte y otros entornos interiores

https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108414

Transmision aérea de SARS_CoV_2

- En un lugar cerrado, concurrido con mala ventilación y con tiempo prolongado, una persona infectada podría transmitir el virus a otra/s persona/s aún a una distancia >2m

- Se estimó que el riesgo de infección podría ser tres veces mayor en una habitación mal ventilada en comparación con una que se somete a 10 cambios de aire por hora.

1.de Oliveira PM, Mesquita LCC, Gkantonas S, et al . Evolution of spray and aerosol from respiratory releases: theoretical estimates for insight on viral transmission. Proc Math Phys Eng Sci2021;477:20200584. doi:10.1098/rspa.2020.0584 pmid:33633490

Otras vías de trasmisión: fomites

El riesgo por fómites es bajo, y generalmente menos de 1 en 10,000, lo que significa que cada contacto con una superficie contaminada tiene menos de 1 en 10,000 posibilidades de causar una infección. (CDC)

Evidencia de ausencia de transmisión por contacto en un brote de COVID-19 en un restaurante

Evidence for lack of transmission by close contact and surface touch in a restaurant outbreak of COVID-19

Nan Zhang, Xuguang Chen, Wei Jia, Tianyi Jin, Shenglan Xiao, Wenzhao Chen, Jian Hang, Cuiyun Ou, Hao Lei, Hua Qian, Boni Su, Jiansen Li, Dongmei Liu, Weirong Zhang, Peng Xue, Jiaping Liu, Louise B. Weschler, Jingchao Xie, Yuguo Li, Min Kang

Journal of Infection

DOI: 10.1016/j.jinf.2021.05.030

Evidencia de ausencia de transmisión por contacto estrecho y contacto superficial en un brote de COVID-19 en un restaurante

- Se analizo el contacto superficial y el comportamiento de contacto cercano de todos los comensales y el personal del restaurante en el restaurante desde las 12:01:30 (hora en que el caso índice ingresó al restaurante) hasta las 14:20:20 (hora en que el último comensal salió del restaurante).

- Se analizó el riesgo de infección por fomite, contacto cercano y ambas vías.

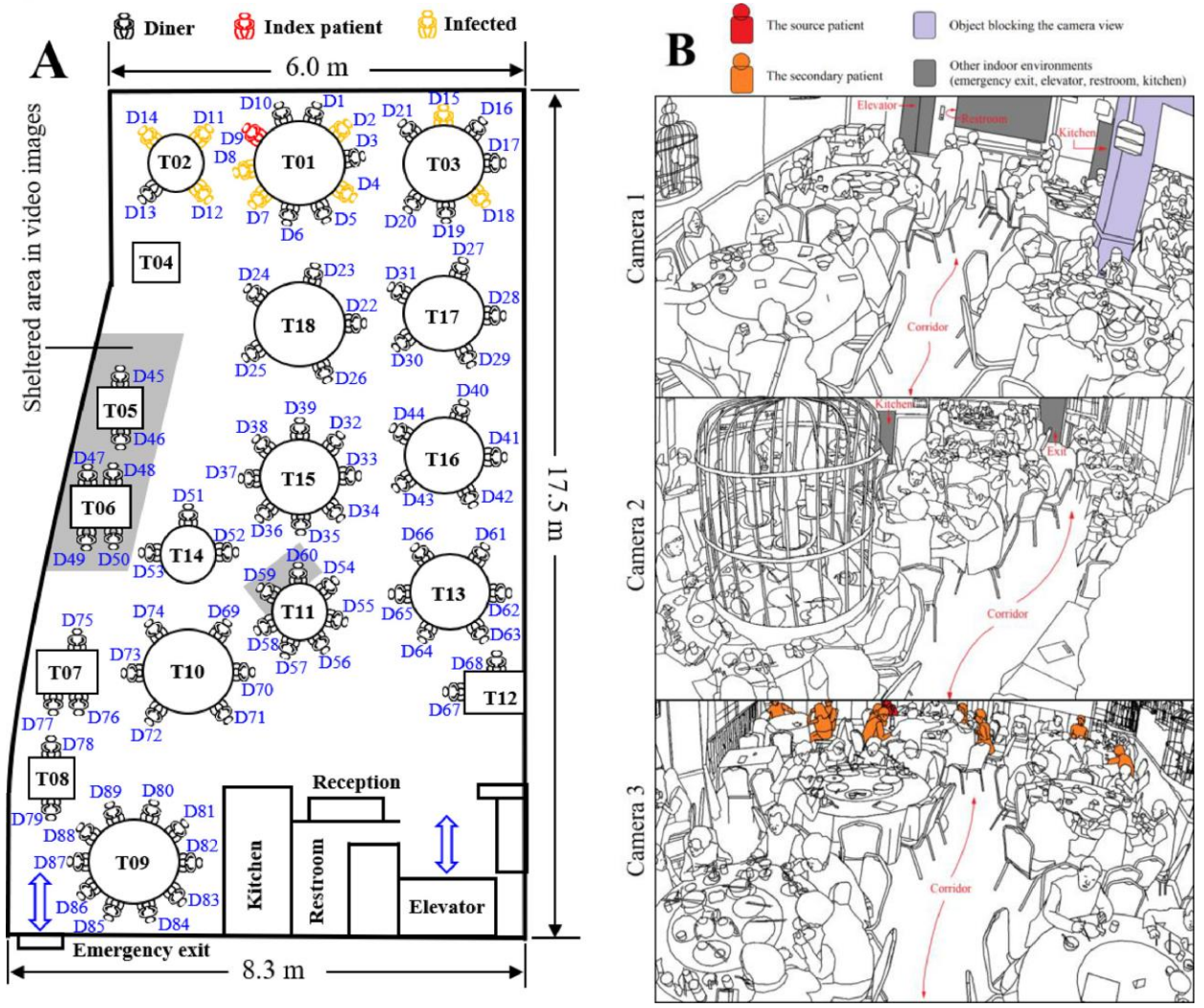
Journal of Infection DOI: (10.1016/j.jinf.2021.05.030)

Evidencia de ausencia de transmisión por contacto cercano y contacto superficial en un brote de COVID-19 en un restaurante

- La transmisión aérea en el restaurante es totalmente compatible
- Se descartan rutas de contacto cercano y fómites en este brote.
- Los comensales y el personal pasaron el 20% de su tiempo en contacto cercano.
- Los comensales y el personal dedicaron el 90% de su tiempo a tocar superficies en el restaurante.
- Casi no hubo contacto cercano entre comensales de diferentes mesas.

Journal of Infection DOI: (10.1016/j.jinf.2021.05.030)

Fig. 1 Posiciones de los comensales y disposición del restaurante. (A) Bosquejo del plano de planta; (B) Las vistas 3D de las tres cámaras.

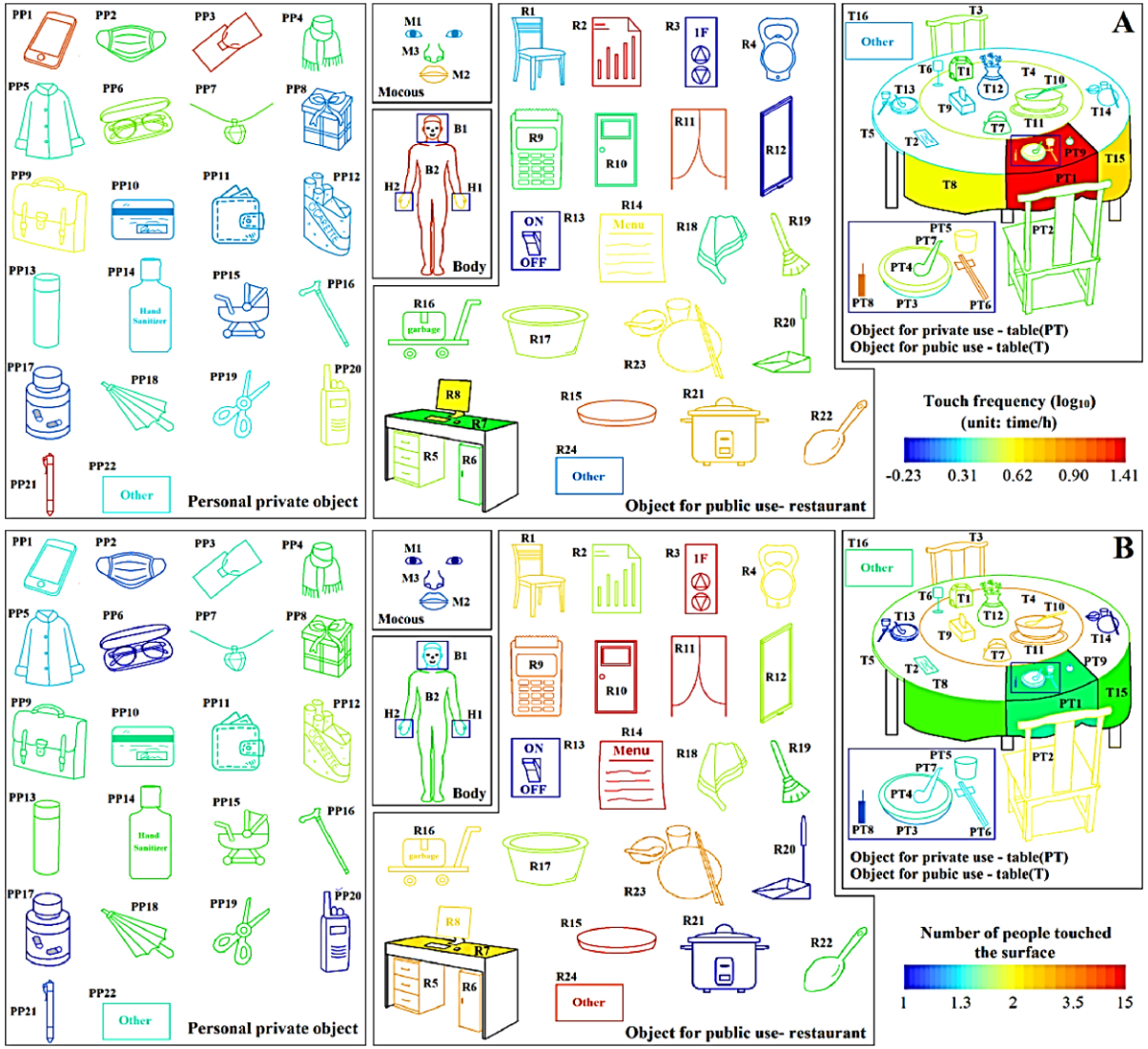


Journal of Infection DOI: (10.1016/j.jinf.2021.05.030)

- Un toque de superficie se definió como cualquier contacto entre una mano y una superficie sólida que durara 1 segundo o más.

- Un contacto se definió como cualquier interacción cara a cara, con un contacto cercano definido como menor o igual a 2 m

- Contacto largo definido como más de 2 m.



Journal of Infection DOI: (10.1016/j.jinf.2021.05.030)

Con el análisis de las imágenes de video con las que analizaron el comportamiento de contacto cercano y contacto superficial se pudo descartar rutas tanto de contacto cercano como de fómites, fortaleciendo así el argumento a favor de la ruta aérea de transmisión del SARS-CoV-2.

Journal of Infection DOI: (10.1016/j.jinf.2021.05.030)

Conclusión final

- La transmisión aérea ha sido durante mucho tiempo una ruta subestimada para contribuir a la transmisión de enfermedades virales respiratorias, en gran parte debido a una comprensión insuficiente de los procesos de generación y transporte de aerosoles cargados de virus, así como a la atribución errónea de observaciones anecdóticas.
- La evidencia epidemiológica del predominio de la propagación aérea del SARS-CoV-2 ha aumentado con el tiempo y se ha vuelto especialmente fuerte.

- Es hora de descartar los mitos y reescribir la ciencia de la transmisión viral por aerosoles.
- **Es hora de cuestionar los dogmas.**
- Es hora de reconocer que SARS_CoV_2 se contagia preferentemente por inhalación de partículas virales.
- **Es hora de pensar fuera de la caja….**