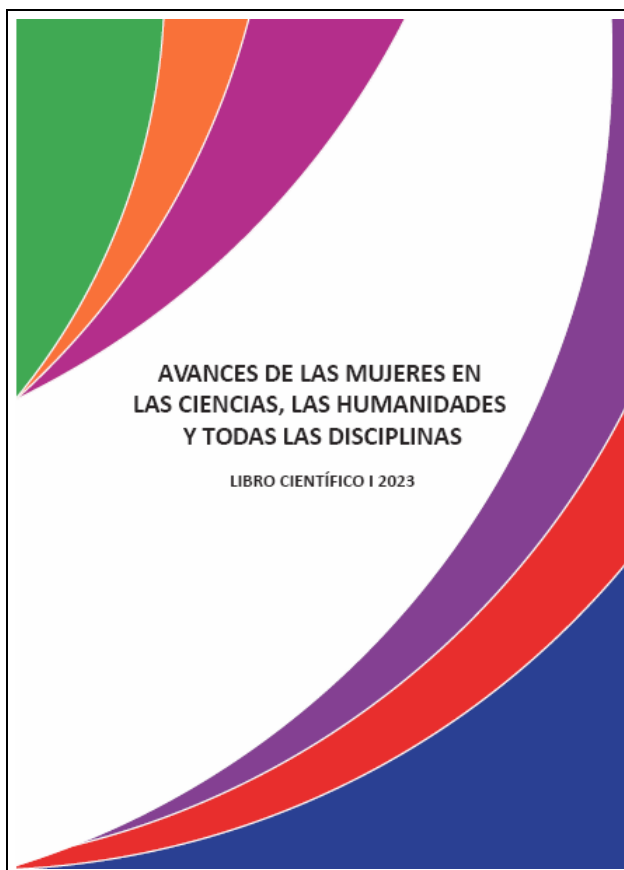


DOI: <https://doi.org/10.24275/uama.128.10411>



Leticia González Zamora
Silvia Sandra Hidalgo Tobón

ORCID: [0000-0002-3025-0989](https://orcid.org/0000-0002-3025-0989)

¿Cómo es la propagación aérea del COVID-19 en una habitación?

Páginas: 11-20

En:

Avances de las mujeres en las ciencias, las humanidades y todas las disciplinas. Libro científico I, 2023. / Leticia González Zamora ... [et al.]; editora, compiladora y directora del equipo editorial, Yadira Alatríste Martínez. 1ª ed. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, 2023-11-27.

(Ciencias Básicas e Ingeniería)

ISBN Libro digital: 978-607-28-3053-0

Obra completa: <https://doi.org/10.24275/uama.379.10407>

Universidad
Autónoma
Metropolitana



Casa abierta al tiempo Azcapotzalco

Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Azcapotzalco



División de
Ciencias Básicas e Ingeniería



Ciencias y Artes para el Diseño

División de
Ciencias y Artes para el Diseño



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como
Atribución-NoComercial-SinDerivadas

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

¿CÓMO ES LA PROPAGACIÓN AÉREA DEL COVID-19 EN UNA HABITACIÓN?

Leticia González Zamora¹, Silvia Sandra Hidalgo Tobón ²

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa^{1,2}

letozam@hotmail.com¹, shid@xanum.uam.mx²

Resumen

Desde finales de diciembre del año 2019 se ha luchado contra la pandemia de la COVID-19, es por esto que en la medicina se ha utilizado la tecnología para acelerar la investigación, el desarrollo y ayudar en la producción de equipos para tratar la enfermedad.

Se sabe que la COVID-19 se propaga principalmente de persona a persona a través de las gotitas que salen despedidas de la nariz o la boca de una persona infectada al toser, estornudar o hablar. Es decir, el contagio se transmite por medio de gotitas y aerosoles, que son los vehículos de estos patógenos. Un aerosol es un conjunto de partículas que están suspendidas en un gas, tal como el aire. Las partículas pueden ser líquidas, es decir, gotitas, o bien ser pequeños núcleos sólidos.

Esto nos hace preguntarnos si la ventilación es importante dentro de los lugares cerrados, ya sea restaurantes, cines, gimnasios, escuelas, casas, etc. Para esto se reprodujo una simulación en donde se observa que si un paciente tose en un consultorio, el virus se mueve con la ayuda de las corrientes de aire y se propaga por el lugar inclusive llegando a depositarse en los muebles que se encuentran ahí. La modelación de inhaladores permite calcular distancias “seguras” de convivencia social para limitar la propagación del coronavirus.

Palabras clave: Propagación, aerosoles, aire, COVID-19, ventilación.

Abstract traducido

The COVID-19 pandemic has been fought since late December 2019, which is why medicine has used technology to accelerate research, development and aid in the production of equipment to treat the disease.

It is known that COVID-19 is spread mainly from person to person through droplets that are ejected from the nose or mouth of an infected person when coughing, sneezing or talking. In other words, transmission is by droplets and

aerosols, which are the vehicles for these pathogens. An aerosol is a collection of particles that are suspended in a gas, such as air. The particles can be liquid, i.e. droplets, or they can be small solid nuclei.

This raises the question of whether ventilation is important indoors, be it restaurants, cinemas, gymnasiums, schools, houses, etc. For this purpose, a simulation was reproduced, showing that if a patient coughs in a consulting room, the virus moves with the help of air currents and spreads through the room, even settling on the furniture in the room. The modelling of inhalers makes it possible to calculate “safe” social distances to limit the spread of the coronavirus.

Key words: Propagation, aerosols, air, COVID-19, ventilation.

Introducción

La pandemia causada por el virus de SARS-CoV-2 ha sido un aprendizaje debido al cambio tan drástico que se vivió en México. Los científicos han utilizado la tecnología para acelerar la investigación en todo el mundo. Gracias a esto ahora sabemos cómo es que se propaga la COVID-19 y cómo debemos cuidarnos. Dicha propagación se produce principalmente de persona a persona a través de los aerosoles (conjunto de partículas que están suspendidas en un gas, tal como el aire (Del Río et al. 2020)); la infección se produce cuando los aerosoles se inhalan o se depositan en las membranas mucosas (como las que se encuentran dentro de la nariz y la boca) es por lo que el uso adecuado del cubrebocas es importante (Del Río et al. 2020).

Es ahí donde entra la pregunta de si el aire tiene que ver con la propagación, y explicaría la razón por la que los espacios cerrados como los cines, restaurantes, etc., fueron a los primeros en cerrar sus puertas, esto debido a la ventilación. En este trabajo se entenderá de mejor manera porque es tan importante no utilizar los aires acondicionados de los lugares reducidos como único medio para ventilar los espacios cerrados o con mucha gente en su interior.

Descripción del Método

Los conceptos básicos

Sabemos que, el virus de SARS-CoV-2 viajó desde Wuhan, China y se extendió por todo el mundo provocando una pandemia, por lo tanto, es un virus

que se puede propagar fácilmente de persona a persona, sobre todo entre personas que viven juntas. Cuando una persona tose, estornuda, canta, habla o simplemente respira, produce gotitas que posteriormente pueden ser inhaladas por otro sujeto (Yadav y Saxena, 2020).

Una persona infectada que no presente síntomas puede contagiar a otras personas por lo que mantener la distancia de persona a persona es una de las mejores formas de evitar contagio del virus que causa la COVID-19 (Xu et al., 2020). Una de las medidas de prevención ante la pandemia es justo el distanciamiento social lo que obligó a que la gente pase más tiempo en su hogar, sin embargo, es inevitable no realizar algunas actividades en otros lugares cerrados como son supermercados, hospitales e incluso un vehículo lo que lleva a un posible contagio.

El tamaño de estas gotas puede variar desde gotas más grandes (algunas de las cuales son visibles) hasta gotas más pequeñas. Cuando una persona infectada con el virus tose, estornuda o habla se liberan partículas (Yadav y Saxena, 2020), las más grandes, con más de 50 micras (Del Río et al., 2020), se caen al suelo casi de inmediato por la fuerza de gravedad, las de tamaño intermedio, entre 10 y 50 micras, tardan varios minutos en caer ya que son desplazadas por el viento, y las más pequeñas de diámetro inferior a 5 micras – aerosoles- se quedan flotando en el aire incluso hasta por horas. La transmisión por gotículas es distinta de la transmisión aérea, pues esta última tiene lugar a través de núcleos goticulares que contienen microbios (Ong et al., 2020). Los núcleos goticulares, tienen un diámetro inferior a 5 micras y pueden permanecer en el aire durante periodos prolongados de tiempo hasta llegar a personas que se encuentren a más de un metro de distancia, es por eso que se considera una de las formas principales de propagación de infecciones como, por ejemplo, la tuberculosis, el sarampión y la varicela.

Formas de transmisión

Existen dos formas principales de transmisión, la primera es la transmisión directa que es la que se da cuando una persona está frente a otra y las gotitas más grandes y medianas caen directamente a su nariz o a su boca; la segunda es la transmisión indirecta que viene de parte de estos aerosoles que se quedan en el aire, de ahí la importancia de mantener los lugares ventilados y hacer actividades al aire libre sólo si es necesario (Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) From a Symptomatic Patient, s.f.). La infección se produce cuando los aerosoles se inhalan o se depositan en las membranas

mucosas (como las que se encuentran dentro de la nariz y la boca) es por esto que el uso adecuado del cubrebocas es importante.

Existe evidencia de que, en algunos casos, los pacientes enfermos de COVID-19 parecen haber infectado a otras personas a 2 metros de distancia (Del Río et al., 2020). Estas transmisiones ocurren en espacios confinados con ventilación insuficiente.

En este caso, se han encontrado reportes en la literatura donde las pequeñas gotas y partículas infecciosas producidas por personas infectadas con el virus de SARS-CoV-2, es decir enfermas de COVID-19 están lo suficientemente concentradas como para transmitir el virus a otras personas (Prather et al., 2020). La carga viral está definida como la cantidad de partículas virales que se encuentran en los aerosoles y se calcula por estimación en los fluidos corporales (To et al., 2020). Hay una diferencia entre la dosis viral que es lo que entra y la carga viral que es lo que sale (Brosseau et al., 2020). La carga viral es la cantidad de virus que tiene una persona infectada en su cuerpo; algunos estudios y pruebas, han demostrado que cuanto más enfermo está un paciente con COVID-19, mayor es la carga viral. Pruebas de diagnóstico como la PCR (reacción en cadena de la polimerasa) que se considera la más simple y accesible y porque permite detectar cargas virales mínimas en la sangre y es más sensible que el PCR cualitativo tomado de la faringe e (Liu et al., 2020).

Sin embargo, también se puede retransmitir en reuniones donde los presentes hablan de cerca, se dan la mano, se abrazan, comparten comida o incluso cantan juntos. Comer en restaurantes aumenta el riesgo de infección, ya que los comensales a menudo se sientan juntos y se quitan el cubrebocas para consumir los alimentos. Los médicos también creen que es posible infectarse al tocar una superficie que tiene el virus y luego tocarse la boca, la nariz o los ojos. Es posible infectar y contagiar a otras personas incluso sin experimentar síntomas. Mantener la distancia de persona a persona es una de las mejores formas de controlar la propagación del virus que causa la COVID-19.

En muchos lugares, se cerraron escuelas, guarderías y tiendas y se han implementado nuevas regulaciones. Muchos eventos fueron cancelados o pospuestos. La medida más segura es evitar las reuniones con personas que no vivan en la misma casa, incluso en grupos reducidos.

Las simulaciones

Hoy en día existen distintos tipos de simulaciones que nos ayudan a entender y explican la propagación del virus SARS-CoV-2 en una habitación. El grupo

de Talib Dbouk y Dimitris Drikakis de la universidad de Nicosia, realizó una simulación publicada en la revista “Física de fluidos” (Dbouk y Drikakis, 2020), donde se observa la cronología de una tos, para una persona de aproximadamente 1.70 *metros* de alto, que no se está desplazando, es decir, permanece en su lugar, al toser se observa que la saliva, es decir, los aerosoles alcanza distintas distancias en función del viento.

En primera instancia se observa una situación donde no hay viento y por lo tanto a los 49 *segundos* casi todas las partículas se encuentran prácticamente ya en el suelo por acción de la gravedad, alcanzando una distancia de 2 *metros*. Posteriormente simulan un viento que se desplaza de izquierda a derecha a 4Km/h. En este caso se observa que a los 2 *segundos* las partículas se desplazan 2 *metros* y a los 5 *segundos* alcanzan los 6 *metros*, tomando en cuenta que las partículas siguen en el aire y no han caído aún al suelo. Y por último simularon un viento de 15Km/h, donde las partículas se desplazan 2 *metros* a los 0.6 *segundos* aproximadamente y a los 1.6 *segundos* alcanzan los 6 *metros*. Sin embargo, las partículas se encuentran en el aire y aún más dispersas en la habitación (Alsved, 2020).

Tomando en cuenta, que el aire es un factor importante para la propagación del virus. ¿Qué es lo que pasa entonces con el aire acondicionado? El grupo de Kermani y Alireza (Hathway et al., 2008), de la universidad Johns Hopkins, realizó el diagrama de un consultorio médico en donde se encuentra todo el equipo hospitalario, el paciente, el médico o cuidador; así como la ventilación del lugar (Hathway et al., 2008).

Realizando el seguimiento de la tos del paciente en donde el virus se mueve con la ayuda de las corrientes de aire y se propaga por el consultorio. Observaron dicha propagación después de 30,60,180 y 230 *segundos*. Es decir, casi 4 *minutos* en los que el virus se ha depositado sobre todos los objetos que se encuentran dentro del cuarto. La velocidad de las partículas que resultaron en metros sobre segundo de 0.03m/s a 0.3m/s. Descubrieron que la temperatura promedio de la sala limpia era de 21°C. Estos son los resultados de la simulación que muestran el flujo de aire y la distribución de la temperatura en la habitación del hospital.

Metodología

En este trabajo se utilizó un software para modelado, análisis y simulación de fenómenos físicos 3D en ingeniería llamado COMSOL Multiphysics, en donde se simuló una vivienda de 5x3x2 *metros*, figura 1, con condiciones

normales de temperatura (293.15 K), presión (1 atm) y velocidad de entrada de aire de 0.1 m/s . El flujo de aire simulará en principio un aire acondicionado y posteriormente se analizará para los casos en los que existan más salidas de aire.



Figura 1. Diagrama de la vivienda simulada con aire de entrada y salida.

Resultados

En la figura 2 se observa el flujo de aire en una vivienda en donde las partículas portadoras del virus se mueven en función de la velocidad del aire acondicionado mediante la impulsión de aire. Es decir, los aerosoles de los que se habló antes pueden ser transportados en el aire por al menos unos 5 metros. En este caso como no existen divisiones, ni otras salidas de aire, el flujo de entrada y salida es básicamente el mismo de 0.14 m/s .

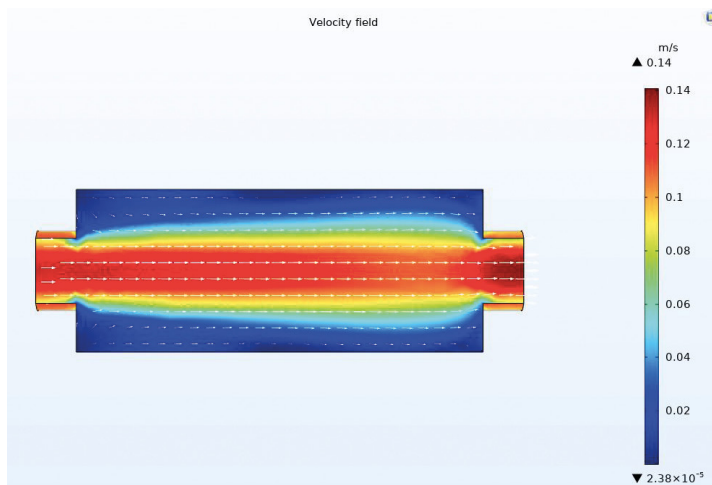


Figura 2. Flujo de aire en una vivienda con una entrada y una salida de aire.

³ Imagen tomada del artículo de Veryst titulado “Modelado +CFD para el sistema de ventilación de una habitación de hospital”

Con dichas condiciones se empieza a cambiar la geometría del rectángulo y se colocan más salidas de aire para analizar el caso en que las ventanas de la vivienda estén abiertas. Ahora con una entrada de aire y 5 salidas, en la figura 3 inciso b) se tiene el flujo de la velocidad del aire, en donde se aprecia que al tener más salidas de aire en la vivienda ayuda a que la velocidad disminuya de aproximadamente 0.13m/s de entrada a 0.08m/s de salida.

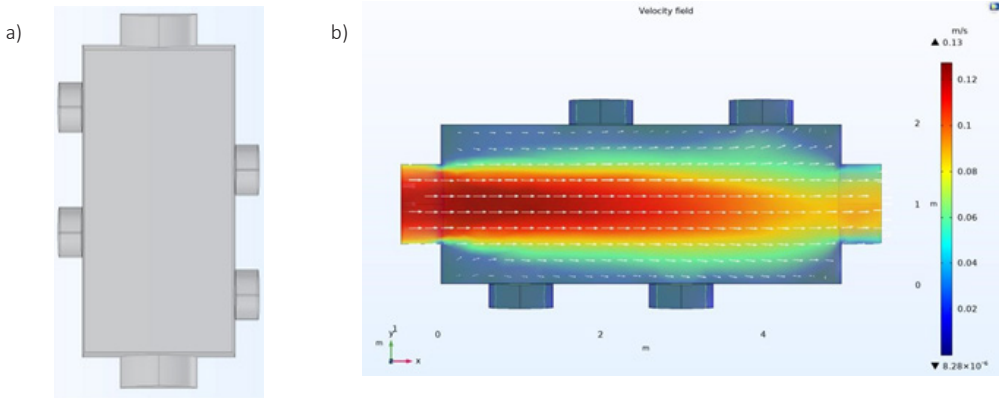


Figura 3. Flujo de aire en una vivienda, con 5 salidas de aire.

Cambiando la geometría dentro del rectángulo, colocando divisiones para el caso en que existan paredes u objetos dentro de la vivienda. Obteniendo la figura 4 inciso b) el flujo de la velocidad del aire, en donde se aprecia que al tener divisiones dentro de la vivienda se forman vórtices que pueden detener o atenuar el aire, pero aun así se tiene una velocidad de aproximadamente 0.16m/s de entrada y salida.

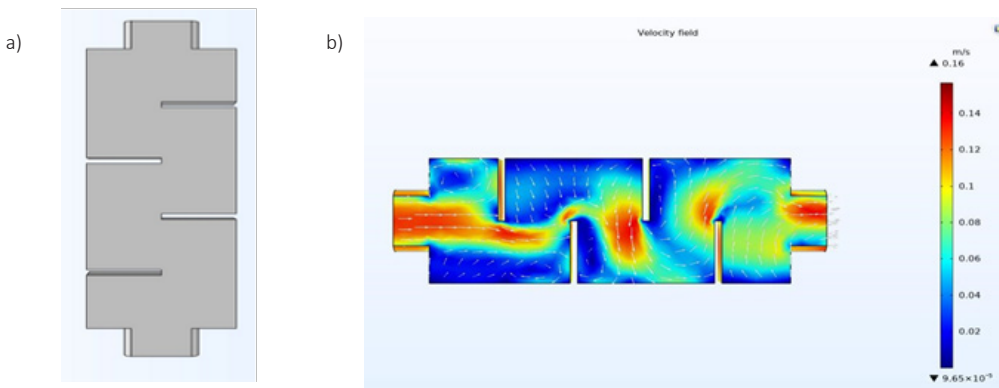


Figura 4. Flujo de aire en una vivienda, con divisiones

Ahora para lograr minimizar aún más la velocidad del aire y disminuir la propagación de este dentro de la vivienda, se colocan divisiones, una entrada y 5 salidas de aire. En la figura 5 inciso b) se aprecia mejor que el flujo de salida ayuda a mejorar la ventilación del lugar; teniendo entonces una velocidad de entrada de 0.14 m/s y una velocidad de salida de $1.09 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ ($1.09 \mu\text{m/s}$). En consecuencia, existen cambios significativos cuando se agregan más salidas de aire y por lo tanto hay menor riesgo de contagio.

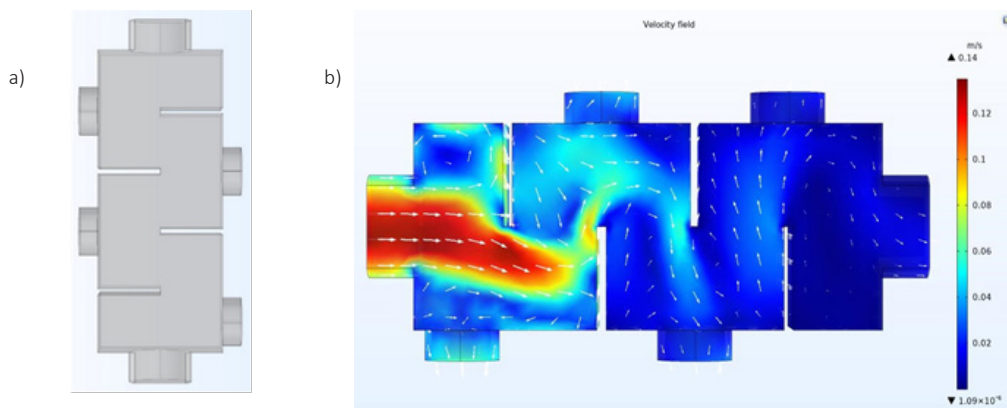


Figura 5 Flujo de aire en una vivienda, con divisiones y 5 salidas de aire.

Resumen de resultados

En este trabajo se analiza que la ventilación de una habitación es una medida de prevención ante la COVID-19. La ventilación debe consistir en introducir aire limpio en un espacio al mismo tiempo en que se está eliminando el aire que podría estar contaminado. Los sistemas de aire acondicionado o ventiladores ayudan a mejorar la circulación de aire exterior y evitar el estancamiento de este, por lo tanto, es fundamental que haya una buena ventilación para reducir el riesgo de propagación del virus en los espacios cerrados.

El sistema más eficaz de filtración, que consiste en hacer pasar el aire ‘contaminado’ a través de un filtro de alto rendimiento, es generalmente un filtro HEPA (High Efficiency Particulate Air), que está compuesto por una malla de fibras de vidrio con un diámetro de 0.5 a 2 micras que atrapa a las partículas contaminantes y proporcionando aire “limpio”. Este tipo de filtros se usan en aviones para limpiar el aire de la cabina ya que el sistema de aire de un avión está diseñado para maximizar su eficiencia, al utilizar aproximadamente un 50% de aire exterior y un 50% de aire filtrado y reciclado. Es por esto que el aire que se suministra es básicamente estéril (Nazarenko, Y. 2020).

Conclusiones

Un posible vehículo del contagio de la COVID-19 son los aerosoles. Cuando una persona infectada con el virus tose, estornuda o habla se liberan partículas, las más grandes, con más de 50 micras, se caen al suelo casi de inmediato por la fuerza de gravedad, las de tamaño intermedio, entre 10 y 50 micras, tardan varios minutos, y las más pequeñas – aerosoles- se quedan en el aire hasta por horas.

La ventilación en lugares cerrados es sumamente importante para que el aire libre de la COVID-19 fluya por todos lados y evitar la acumulación del virus en estos lugares.

Los ventiladores, aires acondicionados, etc. no son completamente la solución para evitar el contagio, son de ayuda cuando se colocan de manera estratégica de modo que el aire salga por completo de la habitación. En la simulación se observó que en una vivienda es necesario seguir las medidas de prevención junto con una buena ventilación ya que entre una mejor circulación de aire disminuye el riesgo de contagio.

Referencias

- [1]Del Río H, F., Hidalgo Tobón, S., Guzmán, O., Sánchez G, R., Díaz Leyva, P. (2020). ¿Se contagia el coronavirus por el aire? Revista Nexos. N. 63. Recuperado de <https://www.nexos.com.mx/?p=48182>
- [2]Del Río H, F., Hidalgo Tobón, S., Guzmán, O., Sánchez G, R., Díaz Leyva, P. (2020). Los aerosoles y los virus. Tiempo en la casa- Suplemento de la revista Casa del tiempo. N. 63. Recuperado de https://www.uam.mx/difusion/casadeltempo/63_jul_ago_2020/tiempoenlacasaNo63_jul-ago_2020.pdf
- [3]Yadav, T., & Saxena, S. K. (2020). Transmission Cycle of SARS-CoV and SARS-CoV-2. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): Epidemiology, Pathogenesis, Diagnosis, and Therapeutics, 33–42. Recuperado de https://doi.org/10.1007/978-981-15-4814-7_4
- [4]Xu, J., Li, Y., Gan, F., Du, Y., & Yao, Y. (2020). Salivary Glands: Potential Reservoirs for COVID-19 Asymptomatic Infection. Journal of dental research, 99(8), 989. Recuperado de <https://doi.org/10.1177/0022034520918518>
- [5]Ong, S., Tan, Y. K., Chia, P. Y., Lee, T. H., Ng, O. T., Wong, M., & Marimuthu, K. (2020). Air, Surface Environmental, and Personal Protective Equipment Contamination by Severe
- [6]Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) From a Symptomatic Patient. JAMA, 323(16), 1610–1612. Recuperado de <https://doi.org/10.1001/jama.2020.3227>
- [7]Prather, K. A., Wang, C. C., & Schooley, R. T. (2020). Reducing transmission of SARS-CoV-2. Science (New York, N.Y.), 368 (6498), 1422–1424. Recuperado de: <https://doi.org/10.1126/science.abc6197>

- [8]To, K. K., Tsang, O. T., Leung, W. S., Tam, A. R., Wu, T. C., Lung, D. C., Yip, C. C., Cai, J. P., Chan, J. M., Chik, T. S., Lau, D. P., Choi, C. Y., Chen, L. L., Chan, W. M., Chan, K. H., Ip, J. D., Ng, A. C., Poon, R. W., Luo, C. T., Cheng, V. C., ... Yuen, K. Y. (2020). Temporal profiles of viral load in posterior oropharyngeal saliva samples and serum antibody responses during infection by SARS-CoV-2: an observational cohort study. *The Lancet. Infectious diseases*, 20(5), 565–574. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30196-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30196-1)
- [9]Franco, A., Serrano, R., Gimeno, A., de Juan, J., Merino, E., Jiménez del Cerro, L., & Olivares, J. (2007). Estudio de carga viral y antigenemia como valores predictivos de recidiva de infección CMV en el trasplante renal [Evaluation of viral load and antigenemia as markers for relapse cytomegalovirus infection in renal transplant recipients]. *Nefrología: publicación oficial de la Sociedad Española Nefrología*, 27(2), 202–208.
- [10]Brosseau, L. M., Roy, C. J., & Osterholm, M. T. (2020). Facial Masking for Covid-19. *The New England journal of medicine*, 383(21), 2092–2093. Recuperado de <https://doi.org/10.1056/NEJMc2030886>.
- [11]Liu, Y., Yan, L. M., Wan, L., Xiang, T. X., Le, A., Liu, J. M., Peiris, M., Poon, L., & Zhang, W. (2020). Viral dynamics in mild and severe cases of COVID-19. *The Lancet. Infectious diseases*, 20(6), 656–657. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30232-2](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30232-2)
- [12]Dbouk, T., & Drikakis, D. (2020). On coughing and airborne droplet transmission to humans. *Physics of fluids (Woodbury, N.Y.: 1994)*, 32(5), 053310. Recuperado de <https://doi.org/10.1063/5.0011960>
- [13]Alsved, M., Matamis, A., Bohlin, R., Richter, M., Bengtsson, P. E., Fraenkel, C. J., Medstrand, P., & Löndahl, J. (2020). Exhaled respiratory particles during singing and talking. *Aerosol Science and Technology*, 54(11). Recuperado de <https://doi.org/10.1080/02786826.2020.1812502>
- [14]A. Hathway, C.J. Noakes, P.A. Sleight. (2008). CFD modeling of a hospital ward: assessing risk from bacteria produced from respiratory and activity sources. *The 11th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. Indoor Air.
- [15]Nazarenko Y. (2020). Air filtration and SARS-CoV-2. *Epidemiology and health*, 42, e2020049. Recuperado de <https://doi.org/10.4178/epih.e2020049>