

Viabilidad del SARS-CoV-2 en distintas condiciones meteorológicas, superficies, fluidos y transmisión entre animales

Informe actualizado el 29 de junio de 2020

Consideraciones previas	2
1 - Viabilidad del SARS-CoV-2 en superficies y fluidos	3
Superficies	3
Aire	4
Agua	5
2 - Viabilidad del SARS-CoV-2 en distintas condiciones meteorológicas	6
Temperatura	6
Radiación ultravioleta	7
3 - Transmisión del SARS-CoV-2 entre animales	8
Animales domésticos: ¿vehículos de transmisión?	8
Modelos de experimentación y posibles reservorios naturales	9
Bibliografía	10
Autores	17
Anexo 1	18
Anexo 2	23

Consideraciones previas

Debido a la coyuntura en la que se ha realizado este informe, es importante dejar constancia del alcance y limitaciones del mismo. A nivel bibliográfico, la literatura disponible sobre los temas tratados es limitada, lo cual restringe el alcance de las conclusiones. Esto se debe a que la COVID-19 es una enfermedad recientemente descrita y sobre la cual se están llevando a cabo numerosos estudios en el presente. Además, se debe tener en cuenta que varios de los artículos consultados aún no han sido revisados por pares. Para complementar las carencias bibliográficas sobre el SARS-CoV-2, se han incluido artículos sobre otros coronavirus relacionados, especificando claramente cuando ha sido el caso.

Asimismo, ante la heterogeneidad de resultados entre estudios, se ha optado por el principio de precaución y se han escogido los intervalos que apuntan a una presencia del virus más prolongada en el tiempo. De este modo, las conclusiones del informe se trazan dentro de unos márgenes de seguridad. También cabe indicar que la terminología empleada en los trabajos científicos varía entre supervivencia, presencia, viabilidad, estabilidad y persistencia. En este informe se ha utilizado únicamente el término viabilidad para denotar la retención de la capacidad infectiva del virus. Conviene resaltar que esta viabilidad se determina en cultivos celulares, no en ensayos con animales ni en humanos. Finalmente, es importante reseñar que la viabilidad no es un valor absoluto, sino una horquilla temporal determinada por unas condiciones ambientales concretas.

1 - Viabilidad del SARS-CoV-2 en superficies y fluidos

Superficies

En la fecha de elaboración de este informe (mayo, 2020), la Organización Mundial de la Salud (OMS) únicamente establece que no hay suficiente evidencia científica acerca de la viabilidad del SARS-CoV-2 en superficies inertes y fluidos comunes como el agua. La OMS remite a lo publicado acerca de la viabilidad de MERS-CoV y SARS-CoV-1. La bibliografía consultada recoge la viabilidad del virus en distintas superficies.

Comentario sobre el informe de la OMS del 15/05/2020

Los trabajos en los que se ha estudiado la viabilidad del virus en superficies afirman que el virus puede permanecer por un tiempo variable en distintas superficies manteniendo su capacidad infectiva (Tabla 1). Sin embargo, el hecho de que el virus esté en una superficie no significa que la superficie por sí misma tenga capacidad infectiva. Es decir, las vías de contagio del SARS-CoV-2 son las vías respiratorias, por lo tanto, tocar una superficie contaminada no implica un contagio, a menos que se entre en contacto con dicha superficie a través de mucosas (lo cual sí que podría ser una potencial fuente de contagio).

Tabla 1: Pervivencia de SARS-CoV-2 y otros coronavirus relacionados en distintas superficies y aerosoles (más información en Anexo 1).

Superficie		Tiempo de viabilidad ^a	Referencia
Metales	Acero	3 días	van Doremalen et al., 2020
	Cobre	4 horas	van Doremalen et al., 2020
	Aluminio	2-8 horas	Sizun et al., 2000
	General	5 días	Duan et al., 2003
Madera		4 días	Duan et al., 2003
Papel		4-5 días	Duan et al., 2003
Cartón		24 horas	van Doremalen et al., 2020
Cristal		5 días	Warnes et al., 2015
Plástico		3 días	van Doremalen et al., 2020
PVC		5 días	Warnes et al., 2015
Goma/silicona		5 días	Warnes et al., 2015
Látex		< 8 horas	Sizun et al., 2000

Bata desechable		2 días	Lai et al., 2005
Bata de algodón		5 min	Lai et al., 2005
Cerámica		5 días	Warnes et al., 2015
Teflón		5 días	Warnes et al., 2015
Agua	Residuales ^b	2,56 días	Gundy et al., 2009
	Residuales secundarias ^b	2,77 días	Gundy et al., 2009
	Grifo	12,1 días	Gundy et al., 2009
Muestras humanas	Orina	>17 días	Wang, Li, Jin, et al., 2005
	Heces	3 días	Wang, Li, Jin, et al., 2005
Comida	Lechuga	4 días	Carraturo et al., 2020

^aEl dato que aparece en esta columna corresponde al máximo tiempo de pervivencia del SARS-CoV-2 publicado. En caso de no haber datos específicos para el SARS-CoV-2 el dato se corresponde a la pervivencia máxima publicada de algún virus similar.

^bLas aguas residuales primarias se recolectaron justo después del asentamiento y las secundarias justo antes de la cloración.

Aire

Los estudios hasta la fecha sobre la viabilidad de SARS-CoV-2 en el aire y aerosoles solo han provisto de información obtenida de una metodología difícilmente exportable a condiciones cotidianas. Aún así, de estos ensayos se extraen dos conclusiones: 1) El SARS-CoV-2 es detectable en el aire de las estancias que cuentan con la presencia de una fuente continua de dicho virus (habitaciones o ascensores de hospitales, fundamentalmente); 2) el SARS-CoV-2 es también detectable en espacios poco ventilados o con afluencia continua.

Existe cierta controversia sobre la capacidad del aire para mantener y transportar el virus. Los estudios de van Doremalen y colaboradores indican que el virus es viable durante al menos 3 horas en un aerosol generado artificialmente (van Doremalen et al., 2020). Sin embargo, la viabilidad del SARS-CoV-2 en aerosoles se estudió en condiciones experimentales (humedad relativa (HR): 65-100%) que distan de las condiciones reales en habitaciones de hospital (HR≈30%) o exteriores y esto llevó a la crítica de otros autores (Rubens et al., 2020; Leshe et al., 2020; Helmers et al., 2020; Petti et al., 2020; Schwartz et al., 2020; Judson et al., 2020).

Ong y colaboradores no encontraron presencia de virus en el aire de la habitación de tres pacientes contagiados de COVID-19 y sintomáticos a pesar de que todas las muestras tomadas en la habitación de uno de los pacientes (manivelas, mesas, lavabo...) fueron positivas (Ong et al., 2020). Las muestras de las habitaciones de los otros dos pacientes se tomaron después de limpiar, razón por la cual resultaron negativas. Esto enfatiza la relevancia de la correcta desinfección de superficies y su impacto en los posibles contagios.

Científicos de Wuhan (Liu, Ning et al., 2020) analizaron muestras de aire procedentes de dos hospitales de la ciudad china y sus alrededores y encontraron varias muestras positivas. Cabe mencionar que algunas muestras revelaron una concentración muy baja, cercana al límite para considerar una muestra como positiva. Las muestras que fueron positivas fuera de los hospitales eran de zonas de alta confluencia (ej.: entrada de un supermercado). El análisis de los aerosoles encontró SARS-CoV-2 en gotas de distinto tamaño lo que sugiere diferente origen de las gotas disueltas en aire y cargadas de SARS-CoV-2 (algunas pueden proceder de estornudos o tos, pero es posible que otras procedan de gotas que se disipan al hablar o por el movimiento/evaporación de superficies contaminados como equipos de protección individual).

El aire puede transmitir el virus a sitios lejanos (>10 m). Setti y colaboradores han demostrado presencia de SARS-CoV-2 en partículas de contaminación en Italia del Norte y esta puede haber sido la causa de la alta tasas de contagio y severidad de la enfermedad en esta región italiana. Además, las tormentas de polvo podrían ayudar también a la propagación del virus a zonas lejanas, como se ha demostrado para el virus de la influenza (Setti et al., 2020a, Setti et al., 2020b).

Agua

No hay evidencia de que el coronavirus humano se haya transmitido a través de agua potable contaminada (Naddeo & Liu, 2020). En general, los virus recubiertos son menos ecológicos y son más sensibles a oxidantes como el cloro (Eslami & Jalili, 2020, Wang, Li, Guo et al., 2005). El SARS-CoV-2 es probable que se inactive significativamente más rápidamente que los virus intestinales humanos no patógenos transmitidas por el agua en contacto con oxidantes (La Rosa, Bonadonna et al., 2020). La temperatura es un factor importante que influye en la viabilidad viral (el título de virus infeccioso disminuye más rápidamente a 23-25 °C que a 4 °C) (La Rosa, Bonadonna et al., 2020). Se necesita más investigación para adaptar a los virus envueltos los métodos comúnmente utilizados para el muestreo y la concentración de virus entéricos, no envueltos procedentes de ambientes acuáticos (La Rosa, Bonadonna et al., 2020).

Se recomiendan varios métodos eficientes para detectar envoltorios de los virus y del coronavirus en particular en matrices de agua (Carducci et al., 2020):

- Evaluar la viabilidad de estos virus en condiciones naturales, en diferentes temperaturas y tipos de agua.
- Evaluar la eficiencia de los tratamientos de agua y desinfección para evitar la contaminación de las aguas residuales urbanas y hospitalarias.
- Evaluar las implicaciones para la reutilización del agua para la agricultura, incluyendo la posibilidad de deposición en comida (vegetales crudos) y contaminación.
- Establecer un sistema de monitorización de aguas residuales para evaluar la posible circulación del virus.

En relación al tratamiento de aguas residuales contaminadas por SARS-CoV-2, las técnicas más efectivas para la desinfección son el uso de compuestos de cloro y la radiación UV (Wang et al., 2020). Además, la radiación UV y las altas temperaturas también se recomiendan debido a la menor cantidad de subproductos que generan. La desinfección por radiación, por polimerización inversa, por plasma o por gasificación térmica también es aconsejable, aunque estas técnicas no se utilizan a gran escala debido a su elevado coste (Wang et al., 2020).

2 - Viabilidad del SARS-CoV-2 en distintas condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas parecen influir de alguna manera en la expansión de la COVID-19 (Byass, 2020), aunque los autores no se ponen de acuerdo en definir esta influencia. A continuación se resumen los hallazgos encontrados respecto a los distintos parámetros encontrados.

Temperatura

En la bibliografía se indica que existe una relación entre la temperatura y la propagación de la enfermedad, pero sólo en zonas con temperatura media inferior a 3 °C (Jamil et al., 2020; Xie y Zhu, 2020), y no se encuentra relación entre la mortalidad y cambios de temperatura (Falcão et al., 2020). Por lo tanto, no se puede concluir que la subida de temperatura disminuirá la expansión de la COVID-19 (Kumar, Kuroda et al., 2020 y Kumar, Taki et al. 2020). Sin embargo, existen otros estudios que indican que las regiones con rangos de temperatura media comprendidos entre los 5 °C a 15 °C (Huang et al., 2020) o entre los 10 °C y los 20 °C (Xu et al., 2020) son las zonas de expansión preferente de la enfermedad, por lo que prevén que a partir de mayo, con ascenso de temperatura, habrá un descenso de la enfermedad y volverá un repunte en otoño 2020.

Un estudio realizado en España comparando la expansión de la COVID-19 entre provincias con diferentes temperaturas medias no ha encontrado ninguna evidencia de la relación (Briz-Redón y Serrano Arouca, 2020).

A pesar de que otros coronavirus (HKU1, NL63, OC43 y 229E y A / H1N1pdm09) sí han mostrado un patrón estacional que causa epidemias de invierno en climas templados y descensos en verano (Al-Khannaq et al., 2016; Amato-Gauci et al., 2011; Friedman et al., 2018; Galanti et al., 2019, Góes et al., 2019; Huang et al., 2017; Killerby et al., 2018), su comportamiento frente a la temperatura puede diferir, ya que estos coronavirus difieren mucho del SARS-CoV-2 (los coronavirus estacionales no atacan al sistema respiratorio y afectan más a niños.) En cualquier caso, la inmunidad humana aumenta en el verano debido a la variación estacional favorable en las actividades genéticas, composición sanguínea y tejido adiposo (Kumar, Kuroda et al., 2020).

La precipitación, la humedad relativa y la cubierta nubosa no tienen relación con el virus (Gunthe et al., 2020; Shi, Dong et al., 2020; Kumar, Taki et al., 2020). Sin embargo, aquellas personas adaptadas fisiológicamente a vivir en entorno hipóxico debido a grandes altitudes parecen estar protegidas del impacto severo de la infección aguda por el virus del SARS-CoV-2 (Arias-Reyes et al., 2020).

Y por último cabe recordar que el calor, si es un método válido para inactivar el virus en una solución, con 5 min a 70 °C y es además el método de desinfección viral más escalable y fácil de usar (Liao et al., 2020). El virus es altamente estable a 4 °C, pero sensible al calor. A 4°C, sólo hubo una reducción de 0,7 unidades log del título infeccioso en el día 14. Con la temperatura de incubación aumentada a 70 °C, el tiempo para la inactivación del virus se redujo a 5 minutos (Chin et al., 2020).

Radiación ultravioleta

Aunque el SARS-CoV-2 es estructuralmente similar al SARS-CoV-1 y el MERS-CoV, y estudios previos en estos coronavirus demostraron altos niveles de inactivación del beta-coronavirus con UV de rango germicida, la evidencia de su eficacia para inactivar el SARS-CoV-2 no existe aún y no se sabe cuánto tiempo se tarda en desactivar COVID-19 con la luz solar. Esto es debido a que la radiación UV-C (100 a 280 nm) es la considerada más efectiva, y la luz solar no tiene este tipo de radiación (Ultraviolet radiation, 2020). Sin embargo, el número de casos COVID-19 fue más alto para los países con un índice UV de 2,5 y disminuyó gradualmente en los de índice UV de 3,5 (Gunthe et al., 2020). Esto puede ser debido a que, aunque la luz solar no contiene UV-C, si las condiciones son correctas, contiene suficiente UV-B para inactivar el 99,9% del virus SARS-CoV-2 bajo 1 hora de luz del día con un índice UV de 10, aunque durante esta hora el virus sería viable y activo (Houser, 2020). Por lo tanto, la radiación solar ayuda pero no impide la expansión del virus si existe una densidad elevada de personas (Guasp et al, 2020).

Existe un trabajo detallado que estudia la inactivación del virus en saliva simulada y en medio de cultivo bajo luz solar representativa del solsticio de verano a 40 ° N de latitud al nivel del mar en un día claro, que indicó que el 90% del virus infeccioso se inactivó con 6,8 min en saliva simulada y con 14,3 min en medios de cultivo (Ratnesar-Shumate et al., 2020).

Por lo tanto, el riesgo a exposición sería inferior en ambientes exteriores que en los interiores, ya que el rango ultravioleta UVB (280–400 nm) constante a través de los diferentes niveles de irradiancia UVA y UVB promedio $3.2 \times 10^{-3} \pm 7.5 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$ resultaría efectivo en la inactivación, aunque se requieren más estudios. Es relevante recordar además que se conoce que para alcanzar el mismo grado de inactivación viral, si la intensidad se duplica, el tiempo de exposición puede reducirse a la mitad. Cuantitativamente, dosis ($\mu\text{J}/\text{cm}^2$) = fluencia UV-C ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) × duración de la exposición (s)(Ultraviolet radiation, 2020).

Las lámparas de UV si son un procedimiento válido para esterilizar material, aunque debe informarse muy bien a la población de que su uso sólo puede realizarse por profesionales, en habitaciones sin personal ni animales (Leund y Tak Chueng, 2020).

3 - Transmisión del SARS-CoV-2 entre animales

Aún no se conoce con exactitud cómo el SARS-CoV-2 ha sido transmitido de animales al ser humano, ni se ha investigado en profundidad qué especies pueden actuar como reservorio o vehículo de transmisión para el virus.

Animales domésticos: ¿vehículos de transmisión?

La bibliografía disponible hasta el momento sitúa a las mascotas como víctimas colaterales de la pandemia por COVID-19 más que como transmisores del virus. Gatos, perros y hurones son susceptibles a la infección mediante inoculación nasal de altas cantidades de virus (condiciones distintas a las del ámbito doméstico) (Shi, Wen et al., 2020). Sin embargo, no se contagian por igual. Los perros muestran una baja tasa de replicación del virus (al igual que cerdos, patos y gallinas, animales que también fueron infectados en el experimento). En gatos y hurones el virus mostró una mayor capacidad de replicación, pudiendo excretarse e incluso infectar a otros animales de la misma especie, aunque de forma poco eficiente. Otros estudios también señalan a los hurones como animales susceptibles a la infección y a la transmisión del virus entre individuos de la misma especie (Kim et al., 2020; Richard et al., 2020). En otro estudio han demostrado que las gallinas, los pavos, las codornices, los gansos y los patos no son susceptibles a la infección por SARS-CoV-2 (Suarez et al., 2020).

Se han identificado varios perros y gatos positivos para SARS-CoV-2, si bien no desarrollaron síntomas (Leroy et al., 2020; Zhang et al., 2020). Sin embargo, y hasta el momento, ningún animal ha fallecido a causa de COVID-19. En Hong Kong, uno de los perros (de 17 años de edad) falleció aparentemente debido a insuficiencia cardiaca y renal. En España se eutanasió a un gato positivo para SARS-CoV-2 a causa de la cardiomiopatía que presentaba, y no se identificaron lesiones compatibles con COVID-19 (Sáez, 2020). Por otro lado, en dos granjas de Países Bajos se detectaron infecciones en visones, que presentaron síntomas respiratorios y su necropsia reveló daño pulmonar (Oreshkova et al., 2020). En todos los casos anteriores los dueños/cuidadores habían enfermado previamente por COVID-19, por lo que se concluye que el contagio de los animales fue por parte de humanos y se recalca que los animales infectados no tenían la suficiente carga viral para ser considerados transmisores de la infección (Leroy et al., 2020). No obstante, en el caso de los visones, no se descarta que uno de los trabajadores de la granja fuera infectado por uno de los animales, aunque quedan resultados por analizar.

En definitiva, los datos indican que puede haber transmisión del SARS-CoV-2 de humanos a mascotas. Aún no hay evidencias de que el contagio pueda ocurrir en sentido contrario, aunque parece poco probable, ya que los animales infectados en el ámbito doméstico no presentan una alta carga viral (Leroy et al., 2020). A falta de más estudios para comprender mejor estos riesgos, entidades como el Consejo de Veterinarios de Cataluña, recomiendan mantener la distancia y evitar el contacto directo con los animales.

Modelos de experimentación y posibles reservorios naturales

Aparte de las infecciones en animales domésticos, se ha detectado SARS-CoV-2 en varios tigres y leones de un zoo de Nueva York, los cuales desarrollaron leves dificultades respiratorias después de ser infectados por un cuidador (Hosie et al., 2020). Esto evidencia que diferentes especies son susceptibles a la infección por SARS-CoV-2. Identificarlas permitirá determinar qué animales son más adecuados para investigar la COVID-19 y evaluar posibles tratamientos y vacunas.

Los ratones no parecen susceptibles a la infección por SARS-CoV-2, por lo que no resultan adecuados como modelo de experimentación (Zhou et al., 2020). Una alternativa sería recurrir a ratones transgénicos que incorporen la ACE2 humana (Bao et al., 2020), proteína que permite la entrada del virus en las células. Por otro lado, varios estudios proponen la utilización de hámsteres dorados (Chan et al., 2020), hurones (Kim et al., 2020; Richard et al., 2020) y macacos (Shan et al., 2020; Yu et al., 2020; Rockx et al., 2020), pues se ha demostrado experimentalmente que estas especies pueden ser infectadas por SARS-CoV-2, que desarrollan alteraciones tisulares consistentes con COVID-19 y que producen anticuerpos contra el virus. En el caso de hurones y hámsteres, también se ha demostrado el contagio entre individuos de la misma especie por contacto directo o por el aire.

Identificar qué especies pueden hospedar el SARS-CoV-2 también es fundamental de cara a detectar posibles reservorios naturales del coronavirus y prevenir nuevas pandemias. En esta línea, se han realizado numerosos estudios *in silico* que predicen computacionalmente si el SARS-CoV-2 puede unirse a la proteína ACE2 de diferentes especies. Algunos de estos estudios analizan la secuencia de aminoácidos del receptor (Liu, Xiao et al., 2020; Luan, Jin et al., 2020; Qiu et al., 2020), mientras que otros investigan la interacción del virus con el receptor (Luan, Lu et al., 2020; Damas et al., 2020; Lam et al., 2020). Conjuntamente, estos trabajos predicen la interacción del SARS-CoV-2 con la ACE2 de simios, monos del viejo mundo, rumiantes, cerdos, conejos, perros, felinos, hámsteres y cetáceos. Al mismo tiempo, descartan posibles infecciones en roedores (ratón, rata, cobaya), monos del nuevo mundo, marsupiales, monotremas, aves, reptiles, anfibios y peces. No obstante, se obtienen conclusiones contradictorias respecto a varias especies (incluyendo murciélagos, pangolines, serpientes y tortugas), por lo que se recomienda interpretar estos resultados con cautela. Además, los estudios *in silico* deben ser confirmados experimentalmente. En este sentido, diferentes estudios *in vitro* demuestran que el SARS-CoV-2 puede unirse eficientemente a la proteína ACE2 de diferentes mascotas (gato, perro, conejo), ganado (caballo, cabra, oveja, vaca, cerdo) y animales salvajes como el macaco, el murciélago de herradura, la civeta o el pangolín (Zhou et al., 2020; Zhao et al., 2020; Li et al., 2020; Liu, Hu et al., 2020). Del mismo modo, estos estudios concluyen que el virus no puede unirse eficientemente al receptor de roedores (ratón, rata, cobaya), monos del nuevo mundo o aves (gallina).

Así, se están dirigiendo esfuerzos para identificar las especies susceptibles de ser infectadas por SARS-CoV-2 que puedan actuar como reservorios y vehículos de transmisión del virus o ser empleadas como modelos de experimentación. No obstante, muchos de los estudios deben ser validados y confirmados *in vivo* por nuevas investigaciones, por lo que sus conclusiones no deben ser tomadas como definitivas.

Bibliografía

- Ahmed, W., Angel, N., Edson, J., Bibby, K., Bivins, A., O'Brien, J. W., Choi, P. M., Kitajima, M., Simpson, S. L., Li, J., Tschärke, B., Verhagen, R., Smith, W. J. M., Zaugg, J., Dierens, L., Hugenholtz, P., Thomas, K. V., & Mueller, J. F. (2020). First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: A proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community. *Science of The Total Environment*, 728, 138764. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138764>
- Al-Khannaq, M. N., Ng, K. T., Oong, X. Y., Pang, Y. K., Takebe, Y., Chook, J. B., Hanafi, N. S., Kamarulzaman, A., & Tee, K. K. (2016). Diversity and evolutionary histories of human coronaviruses nl63 and 229e associated with acute upper respiratory tract symptoms in kuala lumpur, malaysia. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 94(5), 1058-1064. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.15-0810>
- Amato-Gauci, A., Zucs, P., Snacken, R., Ciancio, B., Lopez, V., Broberg, E., Penttinen, P., Nicoll, A., & on behalf of the European Influenza, collective. (2011). Surveillance trends of the 2009 influenza A(H1N1) pandemic in Europe. *Eurosurveillance*, 16(26). <https://doi.org/10.2807/ese.16.26.19903-en>
- Arias-Reyes, C., Zubieta-DeUrioste, N., Poma-Machicao, L., Aliaga-Raduan, F., Carvajal-Rodriguez, F., Dutschmann, M., Schneider-Gasser, E. M., Zubieta-Calleja, G., & Soliz, J. (2020). Does the pathogenesis of SARS-CoV-2 virus decrease at high-altitude? *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 277, 103443. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2020.103443>
- Bao, L., Deng, W., Huang, B., Gao, H., Liu, J., Ren, L., Wei, Q., Yu, P., Xu, Y., Qi, F., Qu, Y., Li, F., Lv, Q., Wang, W., Xue, J., Gong, S., Liu, M., Wang, G., Wang, S., ... Qin, C. (2020). The pathogenicity of SARS-CoV-2 in hACE2 transgenic mice. *Nature*, 1-6. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2312-y>
- Bergman, R., Forbes, D., Jenson, P., Nardell, E., Saputa, D., Sliney, D., & Vincent, R. (2020). Germicidal Ultraviolet Disinfection in the Days of COVID-19. <https://www.ies.org/standards/committee-reports/>
- Briz-Redón, Á., & Serrano-Aroca, Á. (2020). A spatio-temporal analysis for exploring the effect of temperature on COVID-19 early evolution in Spain. *Science of The Total Environment*, 728, 138811. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138811>
- Byass, P. (2020). Eco-epidemiological assessment of the COVID-19 epidemic in China, January–February 2020. *Global Health Action*, 13(1), 1760490. <https://doi.org/10.1080/16549716.2020.1760490>
- Carducci, A., Federigi, I., Liu, D., Thompson, J. R., & Verani, M. (2020). Making Waves: Coronavirus detection, presence and persistence in the water environment: State of the art and knowledge needs for public health. *Water Research*, 179, 115907. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115907>
- Carraturo F, Del Giudice C, Morelli M, et al. Persistence of SARS-CoV-2 in the environment and COVID-19 transmission risk from environmental matrices and surfaces [published online ahead of print, 2020 Jun 9]. *Environ Pollut.* 2020;265(Pt B):115010. doi:10.1016/j.envpol.2020.115010
- Casanova, L., Rutala, W. A., Weber, D. J., & Sobsey, M. D. (2009). Survival of surrogate coronaviruses in water. *Water Research*, 43(7), 1893-1898. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.02.002>
- Casanova, L. M., Jeon, S., Rutala, W. A., Weber, D. J., & Sobsey, M. D. (2010). Effects of air temperature and relative humidity on coronavirus survival on surfaces. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(9), 2712-2717. <https://doi.org/10.1128/AEM.02291-09>
- Chan, K. H., Peiris, J. S. M., Lam, S. Y., Poon, L. L. M., Yuen, K. Y., & Seto, W. H. (2011). The effects of temperature and relative humidity on the viability of the sars coronavirus. *Advances in Virology*, 2011, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2011/734690>
- Chan, J. F.-W., Zhang, A. J., Yuan, S., Poon, V. K.-M., Chan, C. C.-S., Lee, A. C.-Y., Chan, W.-M., Fan, Z., Tsoi, H.-W., Wen, L., Liang, R., Cao, J., Chen, Y., Tang, K., Luo, C., Cai, J.-P., Kok, K.-H., Chu, H., Chan, K.-H., ... Yuen, K.-Y. (s. f.). Simulation of the clinical and pathological manifestations of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in

golden Syrian hamster model: Implications for disease pathogenesis and transmissibility. *Clinical Infectious Diseases*. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa325>

Chen, C., Zhang, X.-J., Wang, Y., Zhu, L.-X., & Liu, J. (2006). Waste water disinfection during SARS epidemic for microbiological and toxicological control. *Biomedical and Environmental Sciences: BES*, 19(3), 173-178.

Chin, A. W. H., Chu, J. T. S., Perera, M. R. A., Hui, K. P. Y., Yen, H.-L., Chan, M. C. W., Peiris, M., & Poon, L. L. M. (2020). Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *The Lancet Microbe*, 1(1), e10. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(20\)30003-3](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30003-3)

Damas, J., Hughes, G. M., Keough, K. C., Painter, C. A., Persky, N. S., Corbo, M., Hiller, M., Koepfli, K.-P., Pfenning, A. R., Zhao, H., Genereux, D. P., Swofford, R., Pollard, K. S., Ryder, O. A., Nweeia, M. T., Lindblad-Toh, K., Teeling, E. C., Karlsson, E. K., & Lewin, H. A. (2020). Broad host range of sars-cov-2 predicted by comparative and structural analysis of ace2 in vertebrates. *BioRxiv*, 2020.04.16.045302. <https://doi.org/10.1101/2020.04.16.045302>

van Doremalen, N., Bushmaker, T., & Munster, V. J. (2013). Stability of Middle East respiratory syndrome coronavirus (Mers-cov) under different environmental conditions. *Eurosurveillance*, 18(38), 20590. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES2013.18.38.20590>

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., de Wit, E., & Munster, V. J. (2020). Aerosol and surface stability of sars-cov-2 as compared with sars-cov-1. *New England Journal of Medicine*, 382(16), 1564-1567. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2004973>

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., & SARS Research Team. (2003). Stability of SARS coronavirus in human specimens and environment and its sensitivity to heating and UV irradiation. *Biomedical and Environmental Sciences: BES*, 16(3), 246-255.

Eslami, H., & Jalili, M. (2020). The role of environmental factors to transmission of SARS-CoV-2 (COVID-19). *AMB Express*, 10(1), 92. <https://doi.org/10.1186/s13568-020-01028-0>

Falcão Sobral, M. F., Benini Duarte, G., Gomes da Penha Sobral, A. I., Monteiro Marinho, M. L., & de Souza Melo, A. (2020). Association between climate variables and global transmission of SARS-CoV-2. *Science of The Total Environment*, 729, 138997. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138997>

Friedman, N., Alter, H., Hindiyeh, M., Mendelson, E., Shemer Avni, Y., & Mandelboim, M. (2018). Human coronavirus infections in israel: Epidemiology, clinical symptoms and summer seasonality of hcov-hku1. *Viruses*, 10(10), 515. <https://doi.org/10.3390/v10100515>

Galanti, M., Birger, R., Ud-Dean, M., Filip, I., Morita, H., Comito, D., Anthony, S., Freyer, G. A., Ibrahim, S., Lane, B., Ligon, C., Rabadan, R., Shittu, A., Tagne, E., & Shaman, J. (2019). Longitudinal active sampling for respiratory viral infections across age groups. *Influenza and Other Respiratory Viruses*, 13(3), 226-232. <https://doi.org/10.1111/irv.12629>

Góes, L. G. B., Zerbinati, R. M., Tateno, A. F., Souza, A. V., Ebach, F., Corman, V. M., Moreira-Filho, C. A., Durigon, E. L., Silva Filho, L. V. R. F., & Drexler, J. F. (2019). Typical epidemiology of respiratory virus infections in a Brazilian slum. *Journal of Medical Virology*, jmv.25636. <https://doi.org/10.1002/jmv.25636>

Gorman, J. (2020, abril 8). Summer heat may not diminish coronavirus strength. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2020/04/08/health/coronavirus-summer-weather.html>

Guasp, M., Laredo, C., & Urra, X. (s. f.). Higher solar irradiance is associated with a lower incidence of COVID-19. *Clinical Infectious Diseases*. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa575>

Gundy, P. M., Gerba, C. P., & Pepper, I. L. (2009). Survival of coronaviruses in water and wastewater. *Food and Environmental Virology*, 1(1). <https://doi.org/10.1007/s12560-008-9001-6>

Gunthe, S. S., Swain, B., Patra, S. S., & Amte, A. (2020). On the global trends and spread of the COVID-19 outbreak: Preliminary assessment of the potential relation between location-specific temperature and UV index. *Journal of Public Health*. <https://doi.org/10.1007/s10389-020-01279-y>

- Hart, O. E., & Halden, R. U. (2020). Computational analysis of SARS-CoV-2/COVID-19 surveillance by wastewater-based epidemiology locally and globally: Feasibility, economy, opportunities and challenges. *Science of The Total Environment*, 730, 138875. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138875>
- Helmerts, A. (2020). Stability and viability of sars-cov-2—Letter. *New England Journal of Medicine*, 382(20), 1962-1966. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2007942>
- Hosie, M., Hartmann, K., Hofmann-Lehmann, R., Addie, D., Truyen, U., Egberink, H., Tasker, S., Frymus, T., Pennisi, M., & Möstl, K. (s. f.). SARS-Coronavirus (CoV)-2 and cats. Search Results Web Result with Site Links European Advisory Board on Cat Diseases (ABCD). Recuperado 19 de mayo de 2020, de <http://www.abcdcatsvets.org/sars-coronavirus-2-and-cats/>
- Houser, K. W. (2020). Ten Facts about UV Radiation and COVID-19. *LEUKOS*, 16(3), 177-178. <https://doi.org/10.1080/15502724.2020.1760654>
- Huang, S.-H., Su, M.-C., Tien, N., Huang, C.-J., Lan, Y.-C., Lin, C.-S., Chen, C.-H., & Lin, C.-W. (2017). Epidemiology of human coronavirus NL63 infection among hospitalized patients with pneumonia in Taiwan. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, 50(6), 763-770. <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2015.10.008>
- Huang, Z., Huang, J., Gu, Q., Du, P., Liang, H., & Dong, Q. (2020). Optimal temperature zone for the dispersal of COVID-19. *Science of The Total Environment*, 736, 139487. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139487>
- Jamil, T., Alam, I. S., Gojobori, T., & Duarte, C. (2020). No evidence for temperature-dependence of the covid-19 epidemic [Preprint]. *Epidemiology*. <https://doi.org/10.1101/2020.03.29.20046706>
- Judson, S. (2020). Stability and viability of sars-cov-2—Letter. *New England Journal of Medicine*, 382(20), 1962-1966. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2007942>
- Kampf, G., Todt, D., Pfaender, S., & Steinmann, E. (2020). Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *Journal of Hospital Infection*, 104(3), 246-251. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.01.022>
- Killerby, M. E., Biggs, H. M., Haynes, A., Dahl, R. M., Mustaqim, D., Gerber, S. I., & Watson, J. T. (2018). Human coronavirus circulation in the United States 2014–2017. *Journal of Clinical Virology*, 101, 52-56. <https://doi.org/10.1016/j.jcv.2018.01.019>
- Kim, Y.-I., Kim, S.-G., Kim, S.-M., Kim, E.-H., Park, S.-J., Yu, K.-M., Chang, J.-H., Kim, E. J., Lee, S., Casel, M. A. B., Um, J., Song, M.-S., Jeong, H. W., Lai, V. D., Kim, Y., Chin, B. S., Park, J.-S., Chung, K.-H., Foo, S.-S., ... Choi, Y. K. (2020). Infection and rapid transmission of sars-cov-2 in ferrets. *Cell Host & Microbe*, 27(5), 704-709.e2. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2020.03.023>
- Kumar, M., Kuroda, K., & Dhangar, K. (2020). The most eagerly awaited summer of the Anthropocene: A perspective of SARS-CoV-2 decay and seasonal change. *Groundwater for Sustainable Development*, 11, 100400. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100400>
- Kumar, M., Taki, K., Gahlot, R., Sharma, A., & Dhangar, K. (2020). A chronicle of SARS-CoV-2: Part-I - Epidemiology, diagnosis, prognosis, transmission and treatment. *Science of The Total Environment*, 734, 139278. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139278>
- La Rosa, G., Bonadonna, L., Lucentini, L., Kenmoe, S., & Suffredini, E. (2020). Coronavirus in water environments: Occurrence, persistence and concentration methods - A scoping review. *Water Research*, 179, 115899. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115899>
- La Rosa, G., Iaconelli, M., Mancini, P., Ferraro, G. B., Veneri, C., Bonadonna, L., Lucentini, L., & Suffredini, E. (2020). First detection of sars-cov-2 in untreated wastewaters in italy. *MedRxiv*, 2020.04.25.20079830. <https://doi.org/10.1101/2020.04.25.20079830>
- Lai, M. Y. Y., Cheng, P. K. C., & Lim, W. W. L. (2005). Survival of severe acute respiratory syndrome coronavirus. *Clinical Infectious Diseases: An Official Publication of the Infectious Diseases Society of America*, 41(7), e67-71.

<https://doi.org/10.1086/433186>

Lam, S. D., Bordin, N., Waman, V. P., Scholes, H. M., Ashford, P., Sen, N., Dorp, L. van, Rauer, C., Dawson, N. L., Pang, C. S. M., Abbasian, M., Sillitoe, I., Edwards, S. J. L., Fraternali, F., Lees, J. G., Santini, J. M., & Orengo, C. A. (2020). SARS-CoV-2 spike protein predicted to form stable complexes with host receptor protein orthologues from mammals, but not fish, birds or reptiles. *BioRxiv*, 2020.05.01.072371. <https://doi.org/10.1101/2020.05.01.072371>

Leroy, E. M., Ar Gouilh, M., & Brugère-Picoux, J. (2020). The risk of SARS-CoV-2 transmission to pets and other wild and domestic animals strongly mandates a one-health strategy to control the COVID-19 pandemic. *One Health*, 100133. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2020.100133>

Lesho, E. (2020). Stability and viability of sars-cov-2—Letter. *New England Journal of Medicine*, 382(20), 1962-1966. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2007942>

Leung, K. C. P., & Ko, T. C. S. (2020). Improper use of germicidal range ultraviolet lamp for household disinfection leading to phototoxicity in COVID-19 suspects: Cornea, 1. <https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000002397>

Li, Y., Wang, H., Tang, X., Ma, D., Du, C., Wang, Y., Pan, H., Zou, Q., Zheng, J., Xu, L., Farzan, M., & Zhong, G. (2020). Potential host range of multiple SARS-like coronaviruses and an improved ACE2-Fc variant that is potent against both SARS-CoV-2 and SARS-CoV-1. *BioRxiv*, 2020.04.10.032342. <https://doi.org/10.1101/2020.04.10.032342>

Liao, L., Xiao, W., Zhao, M., Yu, X., Wang, H., Wang, Q., Chu, S., & Cui, Y. (2020). Can n95 respirators be reused after disinfection? How many times? *ACS Nano*, acsnano.0c03597. <https://doi.org/10.1021/acsnano.0c03597>

Liu, Yinghui, Hu, G., Wang, Y., Zhao, X., Ji, F., Ren, W., Gong, M., Ju, X., Li, C., Hong, J., Zhu, Y., Cai, X., Wu, J., Lan, X., Xie, Y., Wang, X., Yuan, Z., Zhang, R., & Ding, Q. (2020). Functional and genetic analysis of viral receptor ace2 orthologs reveals a broad potential host range of sars-cov-2. *BioRxiv*, 2020.04.22.046565. <https://doi.org/10.1101/2020.04.22.046565>

Liu, Yuan, Ning, Z., Chen, Y., Guo, M., Liu, Y., Gali, N. K., Sun, L., Duan, Y., Cai, J., Westerdahl, D., Liu, X., Ho, K., Kan, H., Fu, Q., & Lan, K. (2020). Aerodynamic characteristics and rna concentration of sars-cov-2 aerosol in wuhan hospitals during covid-19 outbreak. *BioRxiv*, 2020.03.08.982637. <https://doi.org/10.1101/2020.03.08.982637>

Liu, Z., Xiao, X., Wei, X., Li, J., Yang, J., Tan, H., Zhu, J., Zhang, Q., Wu, J., & Liu, L. (2020). Composition and divergence of coronavirus spike proteins and host ACE2 receptors predict potential intermediate hosts of SARS-CoV-2. *Journal of Medical Virology*, 92(6), 595-601. <https://doi.org/10.1002/jmv.25726>

Luan, J., Jin, X., Lu, Y., & Zhang, L. (s. f.). SARS-CoV-2 spike protein favors ACE2 from Bovidae and Cricetidae. *Journal of Medical Virology*, n/a(n/a). <https://doi.org/10.1002/jmv.25817>

Luan, J., Lu, Y., Jin, X., & Zhang, L. (2020). Spike protein recognition of mammalian ACE2 predicts the host range and an optimized ACE2 for SARS-CoV-2 infection. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 526(1), 165-169. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2020.03.047>

Luo, W., Majumder, M. S., Liu, D., Poirier, C., Mandl, K. D., Lipsitch, M., & Santillana, M. (2020). The role of absolute humidity on transmission rates of the COVID-19 outbreak. *MedRxiv*, 2020.02.12.20022467. <https://doi.org/10.1101/2020.02.12.20022467>

Ma, Y., Zhao, Y., Liu, J., He, X., Wang, B., Fu, S., Yan, J., Niu, J., Zhou, J., & Luo, B. (2020). Effects of temperature variation and humidity on the death of COVID-19 in Wuhan, China. *Science of The Total Environment*, 724, 138226. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138226>

Medema, G., Heijnen, L., Elsinga, G., Italiaander, R., & Brouwer, A. (2020). Presence of SARS-Coronavirus-2 in sewage. *MedRxiv*, 2020.03.29.20045880. <https://doi.org/10.1101/2020.03.29.20045880>

Naddeo, V., & Liu, H. (2020). Editorial Perspectives: 2019 novel coronavirus (SARS-CoV-2): what is its fate in urban water cycle and how can the water research community respond? *Environmental Science: Water Research & Technology*, 6(5), 1213-1216. <https://doi.org/10.1039/D0EW90015J>

- Neher, R. A., Dyrdak, R., Druelle, V., Hodcroft, E. B., & Albert, J. (2020). Potential impact of seasonal forcing on a SARS-CoV-2 pandemic. *Swiss Medical Weekly*. <https://doi.org/10.4414/smw.2020.20224>
- Ong, S. W. X., Tan, Y. K., Chia, P. Y., Lee, T. H., Ng, O. T., Wong, M. S. Y., & Marimuthu, K. (2020). Air, surface environmental, and personal protective equipment contamination by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) from a symptomatic patient. *JAMA*, 323(16), 1610-1612. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.3227>
- Oreshkova, N., Molenaar, R. J., Vreman, S., Harders, F., Munnink, B. B. O., Honing, R. W. H. der, Gerhards, N., Tolsma, P., Bouwstra, R., Sikkema, R. S., Tacken, M. G., Rooij, M. M. de, Weesendorp, E., Engelsma, M. Y., Brusckhe, C. J., Smit, L. A., Koopmans, M., Poel, W. H. van der, & Stegeman, A. (2020). SARS-CoV-2 infection in farmed minks, the Netherlands, April and May 2020. *Eurosurveillance*, 25(23), 2001005. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.23.2001005>
- Otter, J. A., Donskey, C., Yezli, S., Douthwaite, S., Goldenberg, S. D., & Weber, D. J. (2016). Transmission of SARS and MERS coronaviruses and influenza virus in healthcare settings: The possible role of dry surface contamination. *The Journal of Hospital Infection*, 92(3), 235-250. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2015.08.027>
- Petti, S. (2020). Stability and viability of sars-cov-2—Letter. *New England Journal of Medicine*, 382(20), 1962-1966. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2007942>
- Qiu, Y., Zhao, Y.-B., Wang, Q., Li, J.-Y., Zhou, Z.-J., Liao, C.-H., & Ge, X.-Y. (2020). Predicting the angiotensin converting enzyme 2 (Ace2) utilizing capability as the receptor of SARS-CoV-2. *Microbes and Infection*. <https://doi.org/10.1016/j.micinf.2020.03.003>
- Rabenau, H. F., Cinatl, J., Morgenstern, B., Bauer, G., Preiser, W., & Doerr, H. W. (2005). Stability and inactivation of SARS coronavirus. *Medical Microbiology and Immunology*, 194(1-2), 1-6. <https://doi.org/10.1007/s00430-004-0219-0>
- Ratnesar-Shumate, S., Williams, G., Green, B., Krause, M., Holland, B., Wood, S., Bohannon, J., Boydston, J., Freeburger, D., Hooper, I., Beck, K., Yeager, J., Altamura, L. A., Biryukov, J., Yolitz, J., Schuit, M., Wahl, V., Hevey, M., & Dabisch, P. (2020). Simulated sunlight rapidly inactivates sars-cov-2 on surfaces. *The Journal of Infectious Diseases*, jiaa274. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiaa274>
- Richard, M., Kok, A., Meulder, D. de, Bestebroer, T. M., Lamers, M. M., Okba, N. M. A., Vlissingen, M. F. van, Rockx, B., Haagmans, B. L., Koopmans, M. P. G., Fouchier, R. A. M., & Herfst, S. (2020). SARS-CoV-2 is transmitted via contact and via the air between ferrets. *BioRxiv*, 2020.04.16.044503. <https://doi.org/10.1101/2020.04.16.044503>
- Rockx, B., Kuiken, T., Herfst, S., Bestebroer, T., Lamers, M. M., Meulder, D. de, Amerongen, G. van, Brand, J. van den, Okba, N. M. A., Schipper, D., Run, P. van, Leijten, L., Verschoor, E., Verstrepen, B., Langermans, J., Drosten, C., Vlissingen, M. F. van, Fouchier, R., Swart, R. de, ... Haagmans, B. L. (2020). Comparative pathogenesis of covid-19, mers and sars in a non-human primate model. *BioRxiv*, 2020.03.17.995639. <https://doi.org/10.1101/2020.03.17.995639>
- Rubens, J., Karakousis, P., & Jain, S. (2020). Stability and viability of sars-cov-2—Letter. *New England Journal of Medicine*, 382(20), 1962-1966. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2007942>
- Schwartz, K., Kim, J., & Garber, G. (2020). Stability and viability of sars-cov-2—Letter. *New England Journal of Medicine*, 382(20), 1962-1966. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2007942>
- Setti, L., Passarini, F., De Gennaro, G., Barbieri, P., Perrone, M. G., Borelli, M., Palmisani, J., Di Gilio, A., Piscitelli, P., & Miani, A. (2020). Airborne transmission route of covid-19: Why 2 meters/6 feet of inter-personal distance could not be enough. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8), 2932. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082932>
- Setti L, Passarini F, De Gennaro G, et al. SARS-Cov-2RNA found on particulate matter of Bergamo in Northern Italy: First evidence [published online ahead of print, 2020 May 30]. *Environ Res*. 2020;188:109754. doi:10.1016/j.envres.2020.109754

- Shan, C., Yao, Y.-F., Yang, X.-L., Zhou, Y.-W., Wu, J., Gao, G., Peng, Y., Yang, L., Hu, X., Xiong, J., Jiang, R.-D., Zhang, H.-J., Gao, X.-X., Peng, C., Min, J., Chen, Y., Si, H.-R., Zhou, P., Wang, Y.-Y., ... Yuan, Z.-M. (2020). Infection with novel coronavirus (SARS-CoV-2) causes pneumonia in the rhesus macaques [Preprint]. In Review. <https://doi.org/10.21203/rs.2.25200/v1>
- Shi, P., Dong, Y., Yan, H., Li, X., Zhao, C., Liu, W., He, M., Tang, S., & Xi, S. (2020). The impact of temperature and absolute humidity on the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak—Evidence from China [Preprint]. *Occupational and Environmental Health*. <https://doi.org/10.1101/2020.03.22.20038919>
- Shi, J., Wen, Z., Zhong, G., Yang, H., Wang, C., Huang, B., Liu, R., He, X., Shuai, L., Sun, Z., Zhao, Y., Liu, P., Liang, L., Cui, P., Wang, J., Zhang, X., Guan, Y., Tan, W., Wu, G., ... Bu, Z. (2020). Susceptibility of ferrets, cats, dogs, and other domesticated animals to SARS–coronavirus 2. *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.abb7015>
- Sizun, J., Yu, M. W., & Talbot, P. J. (2000). Survival of human coronaviruses 229E and OC43 in suspension and after drying on surfaces: A possible source of hospital-acquired infections. *The Journal of Hospital Infection*, 46(1), 55-60. <https://doi.org/10.1053/jhin.2000.0795>
- Suarez, D. L., Pantin-Jackwood, M. J., Swayne, D. E., Lee, S. A., DeBlois, S. M., & Spackman, E. (2020). Lack of susceptibility of poultry to sars-cov-2 and mers-cov. *BioRxiv*, 2020.06.16.154658. <https://doi.org/10.1101/2020.06.16.154658>
- Wang, J., Shen, J., Ye, D., Yan, X., Zhang, Y., Yang, W., Li, X., Wang, J., Zhang, L., & Pan, L. (2020). Disinfection technology of hospital wastes and wastewater: Suggestions for disinfection strategy during coronavirus Disease 2019 (COVID-19) pandemic in China. *Environmental Pollution (Barking, Essex : 1987)*, 262, 114665. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114665>
- Wang, X.-W., Li, J.-S., Guo, T.-K., Zhen, B., Kong, Q.-X., Yi, B., Li, Z., Song, N., Jin, M., Xiao, W.-J., Zhu, X.-M., Gu, C.-Q., Yin, J., Wei, W., Yao, W., Liu, C., Li, J.-F., Ou, G.-R., Wang, M.-N., ... Li, J.-W. (2005). Concentration and detection of sars coronavirus in sewage from xiao tang shan hospital and the 309th hospital. *Journal of Virological Methods*, 128(1-2), 156-161. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2005.03.022>
- Wang, X.-W., Li, J.-S., Jin, M., Zhen, B., Kong, Q.-X., Song, N., Xiao, W.-J., Yin, J., Wei, W., Wang, G.-J., Si, B., Guo, B.-Z., Liu, C., Ou, G.-R., Wang, M.-N., Fang, T.-Y., Chao, F.-H., & Li, J.-W. (2005). Study on the resistance of severe acute respiratory syndrome-associated coronavirus. *Journal of Virological Methods*, 126(1), 171-177. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2005.02.005>
- Warnes, S. L., Little, Z. R., & Keevil, C. W. (2015). Human coronavirus 229e remains infectious on common touch surface materials. *MBio*, 6(6), e01697-15. <https://doi.org/10.1128/mBio.01697-15>
- Wu, F., Xiao, A., Zhang, J., Gu, X., Lee, W. L., Kauffman, K., Hanage, W., Matus, M., Ghaeli, N., Endo, N., Duvall, C., Moniz, K., Erickson, T., Chai, P., Thompson, J., & Alm, E. (2020). SARS-CoV-2 titers in wastewater are higher than expected from clinically confirmed cases. *MedRxiv*, 2020.04.05.20051540. <https://doi.org/10.1101/2020.04.05.20051540>
- Wurtzer, S., Marechal, V., Mouchel, J.-M., Maday, Y., Teyssou, R., Richard, E., Almayrac, J. L., & Moulin, L. (2020). Evaluation of lockdown impact on SARS-CoV-2 dynamics through viral genome quantification in Paris wastewaters. *MedRxiv*, 2020.04.12.20062679. <https://doi.org/10.1101/2020.04.12.20062679>
- Xie, J., & Zhu, Y. (2020). Association between ambient temperature and COVID-19 infection in 122 cities from China. *Science of The Total Environment*, 724, 138201. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138201>
- Xu, H., Yan, C., Fu, Q., Xiao, K., Yu, Y., Han, D., Wang, W., & Cheng, J. (2020). Possible environmental effects on the spread of COVID-19 in China. *Science of The Total Environment*, 731, 139211. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139211>
- Ye, Y., Ellenberg, R. M., Graham, K. E., & Wigginton, K. R. (2016). Survivability, partitioning, and recovery of enveloped viruses in untreated municipal wastewater. *Environmental Science & Technology*, 50(10), 5077-5085. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b00876>

Yu, P., Qi, F., Xu, Y., Li, F., Liu, P., Liu, J., Bao, L., Deng, W., Gao, H., Xiang, Z., Xiao, C., Lv, Q., Gong, S., Liu, J., Song, Z., Qu, Y., Xue, J., Wei, Q., Liu, M., ... Qin, C. (2020). Age-related rhesus macaque models of COVID-19. *Animal Models and Experimental Medicine*, 3(1), 93-97. <https://doi.org/10.1002/ame2.12108>

Zhang, Q., Zhang, H., Huang, K., Yang, Y., Hui, X., Gao, J., He, X., Li, C., Gong, W., Zhang, Y., Peng, C., Gao, X., Chen, H., Zou, Z., Shi, Z., & Jin, M. (2020). SARS-CoV-2 neutralizing serum antibodies in cats: A serological investigation. *BioRxiv*, 2020.04.01.021196. <https://doi.org/10.1101/2020.04.01.021196>

Zhao, X., Chen, D., Szabla, R., Zheng, M., Li, G., Du, P., Zheng, S., Li, X., Song, C., Li, R., Guo, J.-T., Junop, M., Zeng, H., & Lin, H. (2020). Broad and differential animal ACE2 receptor usage by SARS-CoV-2. *BioRxiv*, 2020.04.19.048710. <https://doi.org/10.1101/2020.04.19.048710>

Zhou, P., Yang, X.-L., Wang, X.-G., Hu, B., Zhang, L., Zhang, W., Si, H.-R., Zhu, Y., Li, B., Huang, C.-L., Chen, H.-D., Chen, J., Luo, Y., Guo, H., Jiang, R.-D., Liu, M.-Q., Chen, Y., Shen, X.-R., Wang, X., ... Shi, Z.-L. (2020). A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature*, 579(7798), 270-273. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2012-7>

Autores

Este documento ha sido realizado de forma voluntaria y altruista por miembros de la asociación **Celera** (www.acelerame.org) dentro del marco de acciones que está realizando para hacer frente a la pandemia por el actual coronavirus con el objetivo de facilitar una recopilación de la información práctica disponible al respecto.

Celera y los autores de este documento declinan expresamente toda responsabilidad en relación con los usos más allá del mero objeto informativo del presente documento, y en ningún caso podrán ser considerados responsables frente a terceros por las interpretaciones que se deriven del mismo ni utilizar dicho documento como plan nacional.

El contenido recogido en este documento ha sido posible gracias a **Marta García** (doctor en Ciencias Experimentales y Biosanitarias), **Andrea Martos** (doctoranda en Bioquímica), **María Fernández-Raga** (doctora en Física Aplicada), **Laura Díaz** (doctoranda en Biomedicina), **Víctor Fanjul** (doctor en Biociencias Moleculares), **Carlos Bort** (científico de datos) y con la colaboración de **Javier García** (catedrático de química inorgánica, presidente de Celera y de la Academia Joven de España).

Anexo 1

Tabla 1 extendida: Viabilidad de SARS-CoV-2 y otros coronavirus relacionados en distintas superficies y aerosoles. (TA, temperatura ambiente; SR, sin referencia).

Superficie	Virus	Cepa	Inóculo	Células	Temp. (°C)	HR (%)	Pervivencia	Referencia.
acero	MERS-CoV	hCoV-EMC 2012	1E+05	Vero E6	20	40%	2 días	van Doremalen et al., 2013
			1E+05	Vero E6	30	30%	8-24 horas	van Doremalen et al., 2013
			1E+05	Vero E6	40	80%		van Doremalen et al., 2013
	HCoV	cepa 229E	1E+03		21		5 días	Warnes et al., 2015
	SARS-CoV-2	nCoV-WA1-2020		Vero E6			3 días	van Doremalen et al., 2020
cobre	SARS-CoV-2	nCoV-WA1-2020		Vero E6			4 horas	van Doremalen et al., 2020
aluminio	HCoV	cepa 229E y OC43	5E+03		21		2-8 horas	Sizun et al., 2000
metal	SARS-CoV-1	cepa P9	1E+05		25 (TA)		5 días	Duan et al., 2003
madera	SARS-CoV-1	cepa P9	1E+05		25 (TA)		4 días	Duan et al., 2003
papel	SARS-CoV-1	cepa P9	1E+05		25 (TA)		4-5 días	Duan et al., 2003
		cepa GUV6109	1E+06		25 (TA)		24 h	Duan et al., 2003
			1E+05		25 (TA)		3h	Duan et al., 2003
			1E+04		25 (TA)		> 5 min	Lai et al., 2005
cartón	SARS-CoV-2	nCoV-WA1-2020				1 día	van Doremalen et al., 2020	
cristal	SARS-CoV-1	cepa P9	1E+05		25 (TA)		4 días	Duan et al., 2003
	HCoV	cepa 229E	1E+03		21		5 días	Warnes et al., 2015
plástico	SARS-CoV-1	cepa KHU39849	1E+05		22-25		5 días o menos	Chan et al., 2011
		cepa P9	1E+05		25 (TA)		4 días	Duan et al., 2003
		cepa FFM1	1E+07		25 (TA)		6-9 días	Rabenau et al., 2005
	HCoV	cepa 229E	1E+07		25 (TA)		2-6 días	Rabenau et al., 2005
	MERS-CoV	HCoV-EMC 2012	1E+05			20		2 días
1E+05					30		8-24 horas	van Doremalen et al., 2013

	SARS-CoV-2	nCoV-WA1-2020		Vero E6			3 días	van Doremalen et al., 2020	
PVC	HCoV	cepa 229E	1E+03		21		5 días	Warnes et al., 2015	
goma/silicona	HCoV	cepa 229E	1E+03		21		5 días	Warnes et al., 2015	
latex	HCoV	cepa 229E y OC43	5E+03		21		< 8 horas	Sizun et al., 2000	
bata desechable	SARS-CoV-1	cepa GUV6109	1E+06		25 (TA)		2 días	Lai et al., 2005	
			1E+05		25 (TA)		1 día	Lai et al., 2005	
			1E+04		25 (TA)		1 hora	Lai et al., 2005	
Bata de algodón	SARS-CoV-1	GvU6109	1E+06		20 (TA)		24 hiras	Lai et al., 2005	
			1E+05		20 (TA)		1 hora	Lai et al., 2005	
			1E+04		20 (TA)		5 minutos	Lai et al., 2005	
Cerámica	HCoV	cepa 229E	1E+03		21		5 días	Warnes et al., 2015	
Teflón	HCoV	cepa 229E	1E+03		21		5 días	Warnes et al., 2015	
Aerosol	SARS-CoV-2	nCoV-WA1-2020		Vero E6			>3 horas	van Doremalen et al., 2020	
Agua del grifo	HCoV	cepa 229E		ATCC-740	23 °C		12,1 días	Gundy et al., 2009	
					4 °C		Estimado 588 días	Gundy et al., 2009	
	FIPV				ATCC-990	23 °C		12,5 días	Gundy et al., 2009
						4 °C		Estimado 130 días	Gundy et al., 2009
	PV1					23 °C		Estimado 71,3 días	Gundy et al., 2009
						4 °C		Estimado 203 días	Gundy et al., 2009
	SARS-CoV-1					20 °C		2 días	Wang, Li, Jin, et al., 2005
						4 °C		>14 días	Wang, Li, Jin, et al., 2005
Agua residual primaria	HCoV	Cepa 229E		ATCC-740	23 °C		3,54 días	Gundy et al., 2009	
	FIPV			ATCC-990	23 °C		2,56 días	Gundy et al., 2009	
	PV1				23 °C		10,9 días	Gundy et al., 2009	
	MHV				25 °C		13 días	Ye et al., 2016	
	MHV				10 °C		36 días	Ye et al., 2016	

	SARS-CoV-1	BJ0			20 °C		2 días	Wang, Li, Jin, et al., 2005
		BJ0			4 °C		>14 días	Wang, Li, Jin, et al., 2005
	SARS-CoV-2				TA		Detección positiva	Medema et al., 2020 Wu et al., 2020 Ahmed et al., 2020 Wurtzer et al., 2020 La Rosa et al., 2020
Agua residual secundaria	HCoV	Cepa 229E		ATCC-740	23 °C		2,77 días	Gundy et al., 2009
	FIPV			ATCC-990	23 °C		2,42 días	Gundy et al., 2009
	PV1				23 °C		5,74 días	Gundy et al., 2009
Agua de lago	TGEV				25 °C		13 días	Casanova et al., 2009
	MHV				25 °C		10 días	Casanova et al., 2009
Orina	SARS-CoV-1	BJ0			20 °C		>17 días	Wang, Li, Jin, et al., 2005
Heces	SARS-CoV-1	BJ0			20 °C		3 días	Wang, Li, Jin, et al., 2005
Comida	MERS-CoV				4°C		72 horas	Carraturo et al., 2020
Lechuga	HCoV	Cepa 229E					4 días	Carraturo et al., 2020

TEMP: temperatura; HR: humedad relativa; REF: Referencia bibliográfica; TA: temperatura ambiente.

Agua

No hay evidencia de que el coronavirus humano se haya transmitido a través de agua potable contaminada (Naddeo & Liu, 2020). En general, los virus recubiertos son menos ecológicos y son más sensibles a oxidantes como el cloro (Eslami & Jalili, 2020). El SARS-CoV-2 es probable que se inactive significativamente más rápidamente que los virus intestinales humanos no patógenos transmitidas por el agua en contacto con oxidantes (La Rosa, Bonadonna et al., 2020).

Sin embargo es muy importante estudiar su prevalencia en el agua (Carducci et al., 2020). Se aconsejan varios métodos eficientes para detectar envoltantes de los virus y del coronavirus en particular en matrices de agua:

- Evaluar la viabilidad de estos virus en condiciones naturales, en diferentes temperaturas y en diferentes tipos de agua.
- Evaluar la eficiencia de los tratamientos de agua y desinfección para evitar la contaminación de las aguas residuales urbanas y hospitalarias.
- Evaluar las implicaciones para la reutilización del agua para la agricultura: incluyendo la posibilidad de deposición en comida (vegetales crudos) y contaminación.
- Establecer un sistema de vigilancia a través del monitoreo de aguas residuales de la potencial circulación del virus.

El coronavirus del SARS se ha detectado en aguas residuales pero no como partículas infecciosas.

- Otros virus similares como el SARS-CoV, parecen tener una baja estabilidad en el medio ambiente y son muy sensible a los oxidantes, como el cloro; de acuerdo con Wang et al. (Wang, Li, Guo et al., 2005).
- Los coronavirus parecen inactivarse significativamente más rápido en el agua que los virus entéricos humanos no envueltos con transmisión conocida por el agua.
- La temperatura es un factor importante que influye en la viabilidad viral (el título de virus infeccioso disminuye más rápidamente a 23 °C – 25 °C que a 4 °C).
- No hay evidencia actual de que los coronavirus humanos estén presentes en aguas superficiales o subterráneas o se transmitan a través del agua potable contaminada.
- Se necesita más investigación para adaptar a los virus envueltos los métodos comúnmente utilizados para el muestreo y la concentración de virus entéricos, no envueltos procedentes de ambientes acuáticos.

El conocimiento basado en la evidencia reportado en este documento es útil para apoyar los procesos de análisis de riesgos dentro de la cadena de agua potable y aguas residuales (es decir, planificación de seguridad de agua y saneamiento) para proteger la salud humana de la exposición al coronavirus a través del agua (La Rosa, Bonadonna et al., 2020).

Técnicas de desinfección de aguas residuales hospitalarias

Las similitudes entre SARS-CoV-1 y SARS-CoV-2, inducen a pensar que el SARS-CoV-2 también puede ser sensible a los mismos factores ambientales y desinfectantes. Por lo tanto, se aplican tecnologías de desinfección similares para desechos hospitalarios y aguas residuales. El SARS-CoV-1 podría existir durante 2 días, 3 días y 17 días en las aguas residuales, heces y orina (respectivamente) a 20 °C (Wang, Li, Jin, et al., 2005). Todos los virus del SARS podrían inactivarse en 30 minutos a 20 °C con más de 0,5 mg/L de cloro libre residual o 2,19 mg/L de dióxido de cloro residual restante (Chen et al., 2006). Al compararse el rendimiento de desinfección de diferentes técnicas, la aplicación de cloro y UV fue lo más eficiente, seguido por el dióxido de cloro; y la desinfección con ozono produjo los peores resultados (Wang et al., 2020).

Se adopta la desinfección con cloro (cloro líquido, dióxido de cloro e hipoclorito de sodio), utilizado tradicionalmente en la desinfección de aguas residuales en hospitales en China, con disolución de aproximadamente 50 mg/L. Para la desinfección de tanques sépticos, la duración del contacto debe ser superior a 1,5 h con cloro residual superior a 6,5 mg/L y las colonias de coliformes fecales menos de 100 por litro. Además, la radiación UV y el calentamiento también se recomiendan para la desinfección de aguas residuales en otros hospitales designados por COVID-19 debido a la menor cantidad de subproductos y al rendimiento ideal de desinfección. La calidad del agua de las aguas residuales descargadas del hospital debe cumplir con los requisitos indicados en la tabla 2.

Tabla 2: Indicadores tras desinfección de residuos de hospitales en el agua o sólidos, extraídos de Wang et al., 2020.

	Indicador	Rango
Residuos en el agua	Coliformes fecales (MPN/L)	≤900
	Patógenos entericos	No detectados

	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	No detectado
	Tiempo de contacto con desinfectante	≥1,5 h (cloración)
		≥0,5 h (Método de dióxido de cloro)
	Residuos de cloro total (mg/L)	≥6,5 (cloración)
		≥4 (Método de dióxido de cloro)
Desechos sólidos	Incineración de residuos	Completa
	Ph después de la desinfección alcalina	12 (tras 24 h)
	Residuo de cloro después	>200 mg/L

Además, los desechos infecciosos también deben desinfectarse con productos que contengan cloro sólido o líquido con una concentración de cloro disponible de 20 g/L y una duración de desinfección de 2 h, y se aconseja incinerar los desechos farmacéuticos y químicos. Se sugiere que los desechos radiactivos contaminados con SARS-CoV-2 se desinfecten como desechos infecciosos después de almacenarlos durante al menos 10 vidas medias. Los productos de protección desechables también deben tratarse como desechos infecciosos. Por ejemplo, los respiradores deben empaparse en alcohol al 75% durante 30 minutos. Además, se aconseja el uso de desinfectantes de cloro con 500 mg/L y 1000 mg/L para la desinfección de otros productos de protección sin o con contaminación obvia, respectivamente.

Por otro lado, los desechos hospitalarios y las aguas residuales y el uso de pozos / pozos de infiltración para descargar aguas residuales y lodos, o la descarga en la zona de protección sanitaria de las fuentes de agua potable también debe estar estrictamente prohibido.

El hospital debe establecer un sistema de reciclaje y gestión, asignando personal específico a cargo, y fortalecer la gestión en cada departamento para evitar la pérdida de residuos. El personal involucrado en la eliminación de suministros médicos desechables debe estar cualificado y reforzada su protección personal. Existen además otras tecnologías de tratamiento de aguas residuales y desechos hospitalarios más avanzadas, como la desinfección por radiación, por polimerización inversa, por plasma o por gasificación térmica. El uso de estas tecnologías es aconsejable siempre que estén disponibles, pero debido a los altos costes, no se han utilizado a gran escala (Wang et al., 2020).

Anexo 2

Temperatura

En principio de la lectura de los artículos que existen actualmente publicados se concluye una gran incertidumbre actual sobre la influencia que el aumento de temperatura estival tendrá frente a la expansión de la COVID-19. Es posible que la urgencia por publicar ha provocado que los artículos tengan unas bases de datos que pueden conducir a resultados erróneos, debido a que describen dificultades para comparar países en el mismo momento epidemiológico.

Sin embargo, se pasa a continuación a relatar las relaciones encontradas:

Se señala una relación decreciente significativa global entre la temperatura media de un país y la transmisión del COVID-19 (Falcão et al., 2020) Pero sólo en cuanto a la transmisión (Fig 1), llegando incluso a determinar que un incremento de un grado Fahrenheit en la temperatura media supondría una reducción de entre 1,44 casos al día y 6,4 casos/día dependiendo del modelo utilizado.

Estos mismos autores defienden sin embargo que no existe ninguna relación entre el número de muertes acaecidas y la temperatura media de los países cuando se estudia una base de datos mundial (Falcão et al., 2020). A pesar de que existe un estudio que sí encuentra relaciones significativas entre la mortalidad y el descenso de la temperatura, este se restringe a datos recogidos en China (Ma et al., 2020), por lo que se desconoce si podría ser extrapolable.

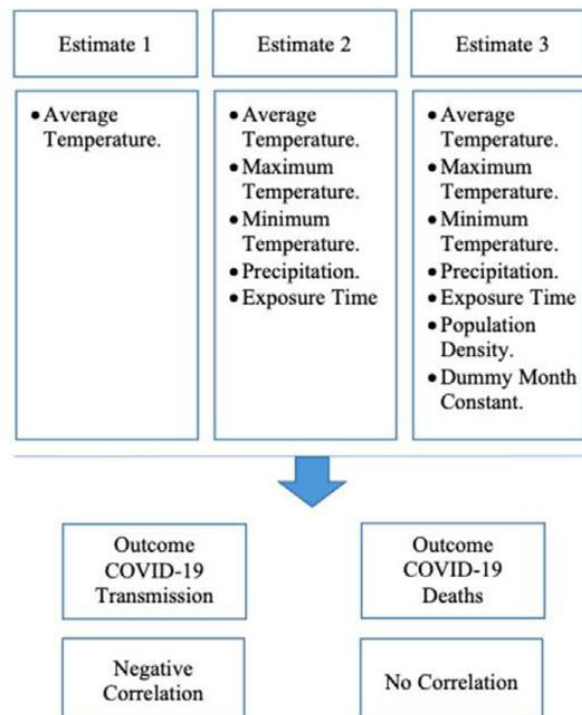


Fig 1. Imagen de (Falcão et al., 2020).

Jamil et al., 2020 y Xie y Zhu, 2020 indican que no existe relación demostrable entre la expansión de la COVID-19 y la temperatura en rangos superiores a 3 °C. Para concluir esto se analizaron 122 ciudades en China y encontraron que la temperatura media tiene una relación lineal positiva con el número de COVID-19 casos hasta un umbral de 3 °C, pero no por encima. Hay también un artículo de prensa indica que no hay indicios científicos que aseguren que la subida de temperatura disminuirá la expansión de la COVID-19 (Gorman et al., 2020).

Existen estudios que encontraron que el 60.0% de los 3.750.000 casos confirmados de coronavirus 2019 (COVID-19) estudiados en 185 países o regiones desde el 21 de enero hasta el 6 de mayo de 2020, ocurrieron en lugares donde la temperatura del aire oscilaba entre 5 °C a 15 °C, con un pico en casos a 11.54 °C. La pandemia no se ha extendido por alta densidad de población, sino parece que sigue una curva que se moverá continuamente a latitudes más altas a lo largo de la zona de temperatura entre 5 °C y 15 °C con el tiempo. Por lo tanto, predicen que la escala de la pandemia de COVID-19 se reducirá sustancialmente a principios de mayo y podría repetirse en grandes ciudades de latitudes medias en otoño 2020. (Huang et al., 2020)

Otro estudio que se había realizado con datos de 33 localidades Chinas desde el 29 de enero hasta el 15 de febrero ya indicaba que el COVID-19 tenía mayor afectación en las zonas con temperaturas entre los 10 °C y los 20 °C, y con rangos de humedades relativas entre $10\% \leq RH \leq 20\%$ (Xu et al., 2020).

Estacionalidad e Influencia de temperatura con otros coronavirus

El invierno es el punto máximo cada invierno en la zona templada del hemisferio norte para los cuatro coronavirus humanos estacionales: HKU1, NL63, OC43 y 229E (en adelante denominados colectivamente "CoV estacionales") (Al-Khannaq et al., 2016; Friedman et al., 2018; Galanti et al., 2019; Góes et al., 2019; Huang et al., 2017; Killerby et al., 2018). Estos virus causan infecciones respiratorias que generalmente son leves y afectan principalmente a niños pequeños.

Por ejemplo, el virus pandémico H1N1 2009 (A / H1N1pdm09) se originó en marzo de 2009 en México y se extendió por todo el mundo en cuestión de semanas. El virus mostró una baja prevalencia durante el verano y picos pronunciados en el siguiente otoño e invierno en muchos países (Amato-Gauci et al., 2011) y el virus A/ H1N1pdm09 ha pasado posteriormente a mostrar un patrón estacional que causa epidemias de invierno en climas templados. Los CoV estacionales muestran una variación estacional fuerte y consistente, y el modelado sugiere que esto requiere una fuerte variación en la transmisibilidad durante todo el año. Existen autores que ven esperanza en el hecho de que la propagación actual de COVID-19 a lo largo del ecuador y el trópico ha sido significativamente menor (Kumar, Kuroda et al., 2020) y piensan que pueda responder a un comportamiento estacional del virus.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el SARS-CoV-2 parece transmitirse en climas tropicales como Singapur, por lo que el invierno no es una condición necesaria para la propagación del SARS-CoV-2 (Neher et al., 2020) y es poco probable que la estacionalidad por sí sola termine con la propagación del SARS-CoV-2 como se ve en su expansión por países asiáticos (Luo et al.,

2020). No hay evidencia que respalde que los recuentos de casos de COVID-19 podrían disminuir cuando el tiempo sea más cálido, lo que proporciona implicaciones útiles para los responsables políticos y el público (Xie & Zhu, 2020).

Kumar indica en su carta que podemos seguir siendo optimistas sobre la declinación de resistencia de COVID-19, debido a que existen trabajos científicos que indican que la inmunidad humana aumenta en el verano debido a la variación estacional favorable en las actividades genéticas, composición sanguínea y tejido adiposo (Kumar, Kuroda et al., 2020). Sin embargo, factores como la prevalencia de portadores, eficacia del tratamiento de la carga de aguas residuales (fuente del virus) y nivel de expansión, seguirán siendo variables críticas.

Análisis en España

Un análisis espacio-temporal de la evolución temprana de COVID-19 que se ha realizado a través de las provincias de España durante el mes de marzo 2020 no ha encontrado ninguna evidencia consistente de la existencia de una relación entre la temperatura a nivel de provincia y la evolución del número acumulado de casos con COVID-19 (Briz-Redón y Serrano Arouca, 2020).

COVID-19 en Agua Residual: Permanencia con Temperaturas más cálidas

Existe un artículo que habla de la permanencia de la COVID-19 en el agua residual, y cómo puede modificarse teniendo en cuenta los cambios de temperatura (Hart y Halden, 2020). Sin embargo, no arroja conclusiones muy concisas, ya que por un lado indica que la llegada del clima cálido y el aumento de las temperaturas de las aguas residuales en el hemisferio norte podrían resultar en una menor prevalencia de COVID-19 en algunas comunidades. Pero además indica que no se ha podido demostrar debido a que la observación continua de los recuentos virales en enero, febrero y principios de marzo, sugirieron que la carga de casos es estable. Indican que se deberían realizar esos mismos recuentos virales en mayo, Junio, julio y agosto.

Sin embargo, si además del número de virus, se tienen en cuenta los cambios de la temperatura, la temperatura podría haber ayudado a bajar su permanencia, ya que el número de individuos infectados realmente se habría triplicado durante ese período de tiempo y sin embargo la carga de virus en el agua seguía manteniéndose estable. Pero es muy difícil atribuir una causa efecto y concluir, ya que se ha magnificado el tiempo de residencia del virus en la alcantarilla debido también a la incertidumbre de la distribución espacial de infectados e individuos sanos dentro de una cuenca (Hart y Halden, 2020).

Uso de calor para inactivar el virus

El calor se encontró como un tratamiento eficiente para inactivar el virus en una solución con 5 min a 70 °C y es además el método de desinfección viral más escalable y fácil de usar.

Se encontró que el calor (≤ 85 °C) bajo varias condiciones de humedad ($\leq 100\%$ de humedad relativa, RH) fue el más prometedor, método no destructivo para la protección de las propiedades de filtrado del tejido “meltblown” así como de los respiradores N95-grade. A 85 °C, 30% RH, fue posible realizar 50 ciclos de tratamiento de calor sin cambios significativos en la eficiencia de

filtración. Con baja humedad o condiciones en sequía, y temperaturas hasta 100 °C no se encontraron alteraciones en la eficiencia de filtración significativas tras 20 ciclos de tratamiento (Liao et al., 2020).

Precipitaciones

Existe una relación positiva entre la precipitación en un país y las infecciones de COVID-19 (Falcão et al., 2020). Indican que sería necesario haber tenido en cuenta la humedad que parece estar relacionado, y esta podría ser la causa.

Sin embargo, tampoco existe una relación entre la precipitación y las muertes producidas por COVID-19. (Falcão et al., 2020) .

Otro artículo (Gunthe et al., 2020) confirma que la precipitación, la humedad relativa, y la cubierta nubosa no tienen relación con el virus y Shi et al., 2020 también indica que la humedad absoluta no está relacionada con expansión de COVID-19 (Shi, Dong et al., 2020). Aunque aporta poca evidencia científica.

Radiación ultravioleta

Aunque el SARS-CoV-2 es estructuralmente similar al SARS-CoV-1 y el MERS-CoV, y estudios previos demostraron altos niveles de inactivación del beta-coronavirus con UV de rango germicida, la evidencia de su eficacia para inactivar el SARS-CoV-2 no existe aún (Leund y Tak Chueng, 2020).

La Comisión Internacional de Iluminación subdivide el espectro UV en tres bandas basadas en la longitud de onda. La radiación UV-C es de 100 a 280 nm, la UV-B de 280 a 315 nm y la UV-A de 315 a 400 nm. UV-C es más efectivo para la esterilización viral y es la herramienta principal para desinfectar el aire y las superficies. La radiación ultravioleta germicida (GUV) y la radiación germicida UV (UVGI) de las fuentes de luz eléctrica casi siempre se basan en la radiación UV-C (Houser, 2020). El virus SARS-CoV-2 resulta no infeccioso con la aplicación de radiación UV-C debido a que la radiación UV-C daña su secuencia de ARN, y pierde su capacidad de replicarse.

Nadie sabe cuánto tiempo se tarda en desactivar COVID-19 con la luz solar. E incluso si lo hicieran, la cantidad de UV en la luz solar varía según la hora del día, el clima, la estación y el lugar del mundo en el que vivas, especialmente qué latitud, por lo que esta no sería una forma confiable de matar al virus. Aunque la luz solar no contiene UV-C, si las condiciones son correctas, contiene suficiente UV-B para inactivar el 99,9% del virus SARS-CoV-2. Tras 1 hora de luz del día con un índice UV de 10, se obtendría una inactivación del 99.9%, pero durante esta hora el virus sería viable y podría infectar (Houser, 2020). Y la radiación del sol directa es dañina para virus, pero también lo es para la piel y los ojos humanos. Sólo las fuentes que producen UV-A, incluidas las luces negras y las trampas de insectos UV, no son apreciablemente dañinas para las personas o el virus SARS-CoV-2. Otros experimentos realizados con simulación de luz solar representativa del solsticio de verano a 40 ° N de latitud al nivel del mar en un día claro, indicaron que el noventa por cien del virus infeccioso se inactivó con 6.8 minutos en saliva simulada y con 14.3 minutos en medios de cultivo. También se produjo una inactivación significativa, aunque a un ritmo más lento, bajo niveles más bajos de luz solar simulada. El rango ultravioleta más efectivo fue el UVB (280–400

nm), constante a través de los diferentes niveles de irradiancia UVA y UVB promediado $3.2 \times 10^{-3} \pm 7.5 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$ (Ratnesar-Shumate et al., 2020).

Para virus suspendidos en saliva simulada, las tasas de inactivación por exposición a cualquier nivel de UVB la irradiación fue significativamente más rápida que la observada en la oscuridad. Además, las tasas de inactivación observado para irradiaciones UVB de 1.6 y 0.7 W/m^2 , correspondientes a meses de marzo abril mayo junio fueron significativamente mayores que las observadas para 0.3 W/m^2 . (dic enero febrero) (Ratnesar-Shumate et al., 2020)

Dicho estudio proporciona la primera evidencia de que la luz solar puede inactivar rápidamente SARS-CoV-2 en las superficies, lo que sugiere que la superficie, la viabilidad y el riesgo de exposición pueden variar significativamente entre ambientes interiores y exteriores. Sin embargo, para evaluar completamente el riesgo de exposición en ambientes exteriores, información sobre la carga viral presente en las superficies, la eficiencia de transferencia de virus de esas superficies al contacto y la cantidad de virus necesarios para causar infección también son necesarios.

Si que existe acuerdo en que el uso de UV es un procedimiento válido para esterilizar (Liao et al., 2020) pero degrada los materiales (por ejemplo, en el caso de respiradores se degradaban a los 20 ciclos de esterilización con UV).

Y además su uso debe estar regido por normas de utilización muy claras y una formación de uso mínima previa, ya que se han encontrado daños en familias que lo usaban como método para desinfectar en casas (Leund y Tak Chueng, 2020). Las posibles consecuencias de la fototoxicidad por el uso indebido de las lámparas germicidas UV para la desinfección doméstica se resumen en daños oftalmológicos y en la piel si no se usan de manera adecuada. Por eso se resalta el hecho de que las lámparas germicidas UV actualmente no deberían usarse en la desinfección doméstica del SARS-CoV-2 sin formación previa. La radiación UV-C no debe usarse para desinfectar las manos u otras partes del cuerpo.

Si bien no se tiene constancia de ninguna evidencia fisiológica para la disminución de las infecciones comunitarias de COVID-19 debido a aumento de la temperatura y el índice UV, es evidente que el número de casos acumulados fueron más alto para los países con un índice UV de 2,5 y disminuyó gradualmente desde un índice UV de 3,5 (Gunthe et al., 2020).

Inactivación del virus mediante UV-C (luz artificial)

La inactivación viral de la radiación UV-C puede considerarse en pasos de registro. Un paso de registro representa 90% de inactivación, 2 pasos de registro 99% de inactivación, 3 pasos de registro 99,9% de inactivación, y así sucesivamente. La reducción en cada paso del registro requiere una duplicación de la dosis de radiación UV-C. Para alcanzar el mismo grado de inactivación viral, si la intensidad se duplica, el tiempo de exposición puede reducirse a la mitad. Cuantitativamente, $\text{dosis } (\mu\text{J/cm}^2) = \text{fluencia UV-C } (\mu\text{W/cm}^2) \times \text{duración de la exposición (s)}$.

Los emisores LED que producen radiación UV-C no son muy fáciles de conseguir. La mayoría de los LED UV disponibles comercialmente emiten UV de longitud de onda más larga, que es menos eficaz para hacer que los virus no sean infecciosos.

Una descarga de mercurio a baja presión emite una fracción significativa de su radiación a 253,7 nm. Las lámparas de mercurio de baja presión son, con mucho, el tipo más común de fuente de UV-C. No es probable que esto cambie en el corto plazo.

En entornos sanitarios, se debe esperar que los sistemas de radiación UV-C en el aire sean al menos parcialmente efectivos para reducir la transmisión viral. En estos sistemas, una luminaria que contiene una fuente que genera radiación UV-C se monta por encima de la altura de la cabeza y la radiación UV-C se dirige hacia el aire superior de la habitación. Estos sistemas pueden lograr un alto nivel de cambios de aire equivalentes por hora (Bergman et al., 2020).

Se debe usar en siempre espacios desocupados. También puede usarse en alturas que están fuera del alcance y fuera de la vista para disminuir la propagación de COVID-19 al inactivar el virus SARS-CoV-2 en el aire y en superficies, incluida la esterilización de equipos de protección personal. No debe usarse en ambientes residenciales.