

Revisión rápida de los efectos de la variación de la temperatura y la humedad en la morbilidad y mortalidad por Covid-19

Magali Hurtado-Díaz, DSc,⁽¹⁾ Julio Cruz de la Cruz, DSc,⁽¹⁾ Julia Blanco-Muñoz, MSc,⁽¹⁾
Rosa Aurora Azamar-Arizmendi, DSc,⁽²⁾ Horacio Riojas-Rodríguez, DSc.⁽¹⁾

Hurtado-Díaz M, Cruz de la Cruz J, Blanco-Muñoz J, Azamar-Arizmendi RA, Riojas-Rodríguez H. Revisión rápida de los efectos de la variación de la temperatura y la humedad en la morbilidad y mortalidad por Covid-19. *Salud Publica Mex.* 2021;63:120-125. <https://doi.org/10.21149/11569>

Resumen

Objetivo. Resumir y analizar la evidencia de la asociación entre Covid-19 y factores climáticos. **Material y métodos.** Se utilizó la metodología de revisiones rápidas de Cochrane. Se buscaron artículos publicados del 1 de enero al 27 de abril de 2020 en una base de datos académica y preprints. Los títulos y resúmenes fueron revisados por dos investigadores y los textos completos por cinco investigadores. **Resultados.** De 354 artículos identificados, 26 cumplieron los criterios de elegibilidad establecidos. De éstos, 20 observaron una asociación inversa. Al evaluar su calidad, nueve calificaron con validez moderada, porque si bien ajustaron por covariables en el análisis, son estudios ecológicos. **Conclusiones.** A pesar de la homogeneidad de resultados, los factores climáticos explican un porcentaje pequeño de la variación de Covid-19. Son necesarios estudios con periodo de análisis más largo que capten tendencia y estacionalidad e incluyan factores de riesgo individuales.

Palabras clave: revisión rápida; temperatura; humedad; Covid-19

Hurtado-Díaz M, Cruz de la Cruz J, Blanco-Muñoz J, Azamar-Arizmendi RA, Riojas-Rodríguez H. Rapid review of the effects of temperature and humidity variation on the Covid-19 morbidity and mortality. *Salud Publica Mex.* 2021;63:120-125. <https://doi.org/10.21149/11569>

Abstract

Objective. To summarize and analyze the evidence of the association between Covid-19 and climatic factors. **Materials and methods.** We used the Cochrane rapid review methodology. An academic database and preprints were examined with the searches restricted from January 1 to April 27. Titles and abstracts were reviewed by two researchers and full texts were reviewed by the five authors. **Results.** We identified 354 articles, 26 met the established eligibility criteria. Of these, 20 reported an inverse association. When evaluating their quality, nine were qualified with moderate validity, this is because they adjusted for covariates in the analysis, but they are ecological studies. **Conclusions.** Despite homogeneity of results, climatic factors explained a small percentage of Covid-19 incidence variability. Future studies need to include individual risk factors and longer period of data to capture trend or seasonality.

Keywords: rapid review; temperature; humidity; Covid-19

- (1) Dirección de Salud Ambiental, Centro de Investigación en Salud Poblacional, Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, Morelos, México.
(2) Instituto de Salud Pública, Universidad Veracruzana. Jalapa, Veracruz, México.

Fecha de recibido: 16 de mayo de 2020 • **Fecha de aceptado:** 11 de septiembre de 2020 • **Publicado en línea:** 8 de diciembre de 2020
Autor de correspondencia: Dr. Horacio Riojas-Rodríguez. Av. Universidad 655, col. Santa María Ahuacatitlán. 62100 Cuernavaca, Morelos, México.
Correo electrónico: hriojas@insp.mx

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

En diciembre de 2019 se reportó por primera vez en Wuhan, China, la aparición del nuevo coronavirus SARS-CoV-2,¹ agente causal del síndrome respiratorio agudo severo denominado Covid-19, cuya rápida propagación lo ha convertido en un problema de salud pública a nivel global.^{1,2} El SARS-CoV-2 se transmite de persona a persona, por contacto directo o proximidad del aliento a través de microgotas y puede ser estable en otros fluidos corporales, heces y superficies lisas.^{1,3} Debido a su rápida propagación y gravedad, en marzo de 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) decretó el estado de pandemia, por lo cual ha surgido la necesidad de entender la dinámica de transmisión del SARS-CoV-2 para reducir su propagación. Al investigar los factores de riesgo que modifican la incidencia y gravedad de la enfermedad, se ha generado la hipótesis de que la propagación del virus podría disminuir o ser menos severa en países de climas cálidos o tropicales debido a que las variaciones estacionales modulan la transmisibilidad de SARS-CoV-2.⁴ La siguiente revisión rápida tiene como objetivo resumir y analizar la evidencia más reciente de estudios epidemiológicos de morbilidad y mortalidad por Covid-19 y su asociación con factores climáticos, particularmente con la temperatura ambiente y la humedad.

Material y métodos

Estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda sistemática de estudios epidemiológicos cuyo desenlace fuera la morbilidad y mortalidad por Covid-19 (medido como la incidencia, tasa de incidencia, tasa de crecimiento, tasa reproductiva básica o mortalidad diaria) y que evaluaran los efectos de las condiciones climáticas en su frecuencia. Para ello se utilizaron las bases de datos PubMed/medRxiv a través de una combinación de términos de entrada y utilizando operadores booleanos (cuadro I). Se buscaron artículos publicados del 1 de enero al 27 de abril de 2020. La búsqueda fue realizada por uno de los autores.

Cuadro I

TÉRMINOS DE BÚSQUEDA EN PUBMED/MEDRXIV. México, 2020

((“2019 nCoV” OR “2019nCoV” OR “2019 novel coronavirus” OR “COVID 19” OR “COVID-19” OR “COVID19” OR “new coronavirus” OR “novel coronavirus” OR “SARS CoV-2” OR (Wuhan AND coronavirus) OR “SARS-CoV” OR “2019-nCoV” OR “SARS-CoV-2” OR “COVID” OR “SARS CoV” OR “SARS coronavirus” OR “SCoV” OR “SARS” OR “MERS-CoV”) AND (“temperature” OR “climate” OR “weather” OR “heat” OR “cold” OR “meteorological” OR “meteorology” OR “atmospheric” OR “season” OR “seasonal” OR “seasonality” OR “humidity” OR “temperature-dependent” OR “temperature-sensitive”))

Criterios de selección

Se seleccionaron estudios que cumplieran los siguientes criterios de inclusión: 1) ser estudios epidemiológicos; 2) que reportaran correlaciones o asociaciones entre las variables de interés; 3) que incluyeran al menos condiciones climáticas de temperatura y/o humedad y 4) estuvieran escritos en inglés. Se incluyeron estudios realizados con información de una y/o varias ciudades o países. Se eliminaron los duplicados y se analizaron títulos y resúmenes de acuerdo con los criterios de selección. La selección final se realizó evaluando el texto completo por dos autores, excluyendo cartas al editor, revisiones de literatura y estudios de animales o laboratorio, como se ilustra en la figura 1.

Validez de los estudios y evaluación de la evidencia

Los cinco autores de este trabajo extrajeron, de forma independiente, los siguientes campos definidos por ellos mismos: primer autor, título del artículo, nombre de la revista, país(es), hipótesis u objetivo, diseño del estudio, periodo de estudio, población (n), variable de desenlace, variable de exposición, covariables y/o confusores, análisis estadístico, resultados principales, sesgos y/o limitaciones y conclusiones. La validez de los estudios se clasificó como alta, moderada, baja y muy baja considerando los siguientes aspectos: 1) diseño del estudio; 2) ajuste por confusores o covariables; 3) análisis estadístico (regresión vs. correlaciones) y 4) duración del periodo de estudio. El nivel de evidencia se clasificó de la misma forma.

Resultados

Selección de estudios

La búsqueda inicial identificó 354 artículos: 100 de PubMed y 254 de medRxiv. Después de leer los títulos y los resúmenes correspondientes, se excluyeron 308 que no vinculaban variables climáticas con el evento en salud y se revisó el texto completo de 46 artículos. De éstos, 14 fueron excluidos y 32 resultaron elegibles. Las razones para ser excluidos fueron: por ser cartas al editor, ser revisiones de literatura o no desarrollar análisis estadístico que evaluara la asociación entre variables climáticas y Covid-19. Finalmente, se incluyeron 26 artículos que evaluaron la relación entre la temperatura y/o humedad y el Covid-19.⁵

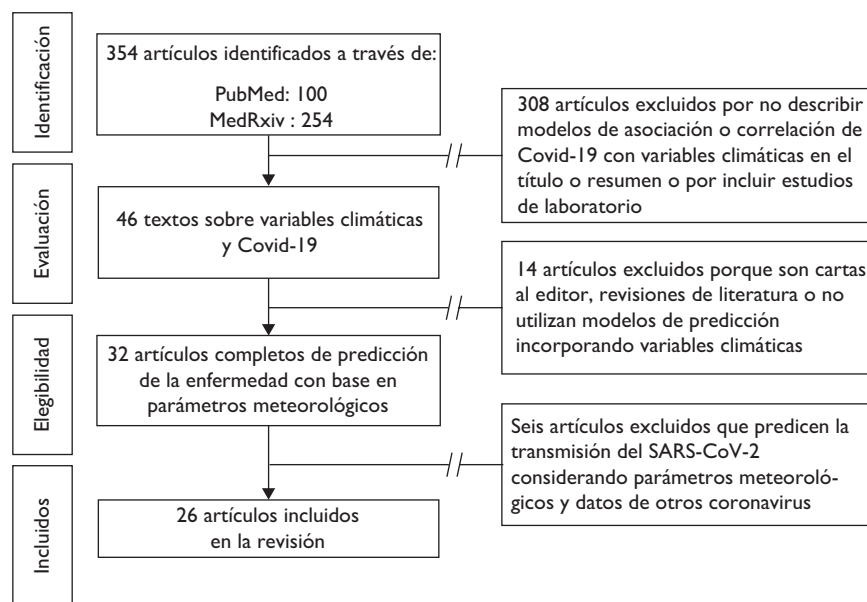


FIGURA 1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN PARA LA SELECCIÓN DE ARTÍCULOS. MÉXICO, 2020

Características de los artículos incluidos

Todos los estudios incluidos fueron estudios observacionales retrospectivos que asociaron variables climáticas, principalmente temperatura y/o humedad, con la propagación de Covid-19. Todos ellos evaluaron algún indicador de temperatura como temperatura media, temperatura mínima, temperatura máxima, rango de temperatura, etc., sin embargo, sólo 65% de ellos (17 artículos) incluyeron la variable de humedad, absoluta, relativa y específica. Además, se observó heterogeneidad en la inclusión de otras variables climáticas como velocidad del viento, visibilidad, precipitación, presión, tasa de lluvia, tasa de nieve, profundidad de la nieve o irradiación de onda corta. También se observó una heterogeneidad con respecto al periodo del estudio, que abarcó desde 1 a 12 semanas, así como al periodo relativo a la recopilación de datos climáticos que iban desde las condiciones climáticas presentes al momento de la epidemia, hasta registros de series de tiempo de varios años.

Con respecto a las variables de ajuste, la mitad de los estudios elegibles no reportó covariables en el análisis. Los estudios que modelaron ajustando por covariables incluyeron principalmente variables demográficas (tamaño de la población, densidad poblacional y estructura de edad) y de política pública en respuesta a la pandemia (gasto en salud, políticas de restricción

de viajes, capacidad de los países para confirmar casos, pruebas aplicadas, número de pruebas/1 000 personas).

De los 26 artículos analizados, cinco están publicados y 21 de ellos no han pasado por revisión por pares (*preprint*). Ningún artículo se clasificó con alta validez debido a que el diseño de todos los estudios fue ecológico y no incorpora factores de riesgo individuales, además de que el periodo de análisis fue corto, lo que no permite identificar los componentes de estacionalidad, tendencia o ciclicidad, principalmente en los estudios de series de tiempo. De los artículos publicados, uno se clasificó con validez moderada ya que ajustó por covariables al analizar la relación clima-Covid-19, tres se clasificaron con validez baja porque si bien desarrollaron modelaje estadístico para evaluar la asociación clima-Covid-19, no ajustaron por confusores o covariables.^{6,7} El tercer artículo se clasificó con validez baja debido a que para determinar si las variables de interés estaban relacionadas se realizó un análisis de correlación.⁸ Respecto a los *preprints*, ocho se consideraron con validez moderada,⁹⁻¹⁷ ocho con validez baja¹⁸⁻²⁶ y cinco fueron de validez muy baja.²⁷⁻³¹

Descripción de resultados

De los 26 artículos incluidos en la revisión,⁵ 77% (20 artículos) reportaron una asociación (inversa) entre Covid-19 y temperatura y/o humedad. Nueve de es-

tos fueron clasificados con validez moderada, seis con validez baja y cinco con validez muy baja.

Entre los estudios con mayor validez que observaron que a mayor temperatura era menor el riesgo de Covid-19, se encuentran aquellos que establecen que el incremento en 1°C de temperatura reduce la transmisión del virus 13%,¹⁰ se asocia con el decremento de -7.50% (IC95%: -10.99 a -3.88) en la mortalidad por Covid-19 con tres días de rezago¹⁴ o reduce la incidencia de la enfermedad entre -3.4 a -0.9%, esto último de acuerdo con los días transcurridos desde el primer contagio, siendo entre más avanzado el proceso de contagio, menor el impacto del aumento de la temperatura promedio.¹⁵ Con otro abordaje y considerando el número de casos de Covid-19 de varios países, un aumento en la temperatura promedio de 1, 9, 10 y 19°C se asoció con una disminución de 24, 19, 18 y 7 casos respectivamente.⁹ Otro estudio muestra que el riesgo más alto (RR 1.71, IC95%: 1.28-2.27) se observó a una temperatura fría (-6°C), y la incidencia de la enfermedad disminuyó (inmediatamente o con rezagos de tiempo) cuando la temperatura alcanzó 4, 9 o 16°C, dependiendo del lugar.¹⁷

Por otro lado, se ha observado que la tasa de crecimiento más elevada de Covid-19 se produce a una humedad específica (cantidad de vapor de agua contenida en el aire) de entre 4 y 6 g/m³ en regiones templadas del hemisferio norte¹² o de aproximadamente 7 g/m³ en China.¹⁷ En términos de porcentaje de cambio, Ma y colaboradores¹⁴ estimaron que el incremento en 1 g/m³ en la humedad absoluta con cinco días de rezago se asoció con un decremento de la mortalidad por Covid-19 de 11.41%.

Del restante 23% (seis) de los artículos revisados, que corresponden a los que no observaron una asociación entre la temperatura y/o humedad con Covid-19, sólo Pacheco-Coelho y colaboradores¹⁶ desarrollaron modelaje estadístico ajustando por covariables. El modelo que incluyó sólo variables climáticas y socioeconómicas explicó 19% de la variación en las tasas de crecimiento de la enfermedad ($p < 0.025$). Al agregar la variable movilidad medida mediante la disponibilidad de red de transporte aéreo, la capacidad explicativa del modelo aumentó a 34.5%, sin embargo, las variables socioeconómicas y climáticas no tuvieron efecto significativo sobre dichas tasas.¹⁶

En cuanto a los artículos orientados a predecir la dispersión del virus,³² un análisis desarrollado en Estados Unidos a escala poblacional indica que el clima puede no desempeñar un papel central en la distribución viral del SARS-CoV-2.³³ Sin embargo, otros estudios que utilizan coronavirus como HCoV-HKU1, HCoV-OC43, HCoV-NL63 y HCoV-229E para simular la transmisión

de SARS-CoV-2 bajo diferentes escenarios de dependencia de variables climáticas, han observado que los factores climáticos pueden modular la transmisión del virus,^{4,34-37} no obstante, los principales factores son otros, como la inmunidad de la población.³⁷

Conclusiones y recomendaciones

En términos generales, los resultados de los artículos incluidos en esta revisión rápida sugieren que el incremento en la temperatura disminuye la incidencia de Covid-19, y si bien no todos los estudios incluyeron la variable humedad, la mayoría de los que lo hicieron también observaron una asociación inversa de la humedad con Covid-19. A pesar de que el nivel de evidencia generado fue medio por tratarse de estudios observacionales bajo un diseño ecológico y con periodos de análisis cortos, se observó homogeneidad de los resultados entre los estudios incluidos.

Estudios previos han encontrado asociación entre la variabilidad climática e infecciones cuyo agente etiológico es un coronavirus como el síndrome respiratorio agudo grave (SARS-CoV-1) y el síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS-CoV). En China, se observó una correlación negativa entre la temperatura ambiente y la aparición de casos de SARS-CoV-1, estimando una temperatura óptima para la transmisión del virus de entre 16 y 28°C,³⁸ así como una reducción en la tasa de ataque secundario asociada al incremento en la humedad relativa del aire.³⁹ De igual modo, en Hong Kong la propagación de la enfermedad se asoció negativamente con el incremento en la temperatura.⁴⁰ Por su parte, la aparición de brotes de MERS-CoV se ha asociado tanto con reducción⁴¹ como con aumento de la temperatura en las dos semanas previas a la aparición de casos,⁴² consistentemente con la reducción en la humedad relativa.^{41,42}

La mayor parte de los virus que afectan el tracto respiratorio en humanos, incluyendo coronavirus endémicos de regiones templadas del hemisferio norte (229E, HKU1, NL63, OC43), se presentan en forma estacional⁴ y el mayor número de casos aparecen en los meses de enero y febrero. Por lo tanto, la ocurrencia de brotes se ha relacionado con las condiciones meteorológicas.^{4,39}

Estos resultados son congruentes con estudios sobre la supervivencia y transmisión de los coronavirus bajo diferentes condiciones de temperatura y humedad. Se ha reportado que el SARS-CoV puede mantenerse hasta por cinco días en superficies lisas en un rango de temperatura de entre 22 y 25°C y una humedad relativa de entre 40 y 50%, sin embargo, esta viabilidad se pierde a temperatura por arriba de los 38°C y niveles de humedad relativa mayores a 95%.⁴³ A su vez, estudios de laboratorio han

mostrado que el MERS-CoV es más estable en condiciones de baja temperatura y baja humedad.⁴⁴

Recientemente, Chin y colaboradores⁴⁵ determinaron la infectividad de SARS-CoV-2 a diferentes temperaturas, observando que el virus era altamente estable durante un periodo prolongado a 4°C. Al incubar el virus hasta 14 días, no se detectó ningún virus infeccioso en el día 14 a temperatura ambiente de 22°C, así como tampoco se detectó la presencia del virus después de un día de incubación a temperatura ambiente de 37°C. Estos resultados son congruentes por los reportados por Chan y colaboradores para SARS-CoV-1.⁴³

Si bien estudios han observado una correlación entre latitud y temperatura, y sugieren que los casos de Covid-19 siguen un patrón estacional al detectar incremento de casos en el hemisferio sur, con la llegada del invierno austral, también aclaran que es muy pronto para establecer que el incremento de casos se deba principalmente a las estaciones cambiantes, y no a las políticas implementadas por los gobiernos o al distanciamiento social.⁴⁶ Para establecer con mayor precisión la relación entre factores climáticos y Covid-19, se requieren estudios más robustos, con un periodo de datos para analizar más largo que incorpore diferentes épocas de año, y la tendencia o estacionalidad de la enfermedad, así como comportamientos atípicos de la serie de datos. Asimismo, se recomienda modelar la asociación ajustada por otras variables ambientales como contaminantes atmosféricos y variables explicativas de la transmisión, como densidad de población, desarrollo socioeconómico, movilidad, inmunidad y susceptibilidad individual y sobre todo por el impacto de las políticas públicas emergentes establecidas por los gobiernos con la esperanza de reducir la propagación del virus, lo que resulta difícil de evaluar en estos momentos en los que está transcurriendo la pandemia.

Al asociar la viabilidad del virus con variables meteorológicas, los hallazgos de los estudios analizados sugieren que la temperatura ambiente y la humedad relativa podrían influir en la transmisión y propagación del SARS-CoV-2. En la mayoría de los estudios, la variabilidad en la incidencia de Covid-19 explicada por los factores meteorológicos es pequeña. No obstante, los resultados de estos estudios no deberían de ser ignorados y podrían ser utilizados por los tomadores de decisión para gestionar sus riesgos, considerando lecciones aprendidas de países que han experimentado cambios estacionales durante la pandemia y que han observado cambios importantes en los casos de Covid-19 durante la segunda mitad del año.

Agradecimientos

A Jaquelin Martínez Avilés por el apoyo en la elaboración de este documento.

Declaración de conflicto de intereses. Los autores declararon no tener conflicto de intereses.

Referencias

1. Raj K, Rohit S, Ghosh A, Singh S. Coronavirus as silent killer: recent advancement to pathogenesis, therapeutic strategy and future perspectives. *Virus-Disease*. 2020;31(2):137-45. <https://doi.org/10.1007/s13337-020-00580-4>
2. Mason RJ. Pathogenesis of COVID-19 from a cell biology perspective. *Eur Respir J*. 2020;55(4):1-3. <https://doi.org/10.1183/13993003.00607-2020>
3. Zheng J. SARS-CoV-2: an Emerging Coronavirus that Causes a Global Threat. *Int J Biol Sci*. 2020;16(10):1678-85. <https://doi.org/10.7150/ijbs.45053>
4. Neher RA, Dyrdak R, Druelle V, Hodcroft EB, Albert J. Potential impact of seasonal forcing on a SARS-CoV-2 pandemic. *Swiss Med Wkly*. 2020;150:w20224. <https://doi.org/10.4414/smww.2020.20224>
5. Riojas-Rodríguez H. ANEXO I. Artículos poblacionales incluidos en la revisión rápida. México 2020. Harvard Dataverse. 2020. <https://doi.org/10.7910/DVN/DIWMNB>
6. Qi H, Xiao S, Shi R, Ward MP, Chen Y, Tu W, et al. COVID-19 transmission in Mainland China is associated with temperature and humidity: A time-series analysis. *Sci Total Environ*. 2020;728:138778. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138778>
7. Yao Y, Pan J, Liu Z, Meng X, Wang W, Kan H, et al. No association of COVID-19 transmission with temperature or UV radiation in Chinese cities. *Eur Respir J*. 2020;55(5):2000517. <https://doi.org/10.1183/13993003.00517-2020>
8. Tosepu R, Gunawan J, Effendy DS, Ahmad LOAI, Lestari H, Bahar H, et al. Correlation between weather and Covid-19 pandemic in Jakarta, Indonesia. *Sci Total Environ*. 2020;725:138436. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138436>
9. Bannister-Tyrrell M, Meyer A, Faverjon C, Cameron A. Preliminary evidence that higher temperatures are associated with lower incidence of COVID-19, for cases reported globally up to 29th February 2020. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.03.18.20036731>
10. Carleton T, Meng KC. Causal empirical estimates suggest COVID-19 transmission rates are highly seasonal. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.03.26.20044420>
11. Chiyomaru K, Takemoto K. Global COVID-19 transmission rate is influenced by precipitation seasonality and the speed of climate temperature warming. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.04.10.20060459>
12. Ficitola GF, Rubolini D. Climate affects global patterns of COVID-19 early outbreak dynamics. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.03.23.20040501>
13. Islam N, Shabnam S, Erzurumluoglu AM. Temperature, humidity, and wind speed are associated with lower Covid-19 incidence. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.03.27.20045658>
14. Ma Y, Zhao Y, Liu J, He X, Wang B, Fu S, et al. Effects of temperature variation and humidity on the death of COVID-19 in Wuhan, China. *Sci Total Environ*. 2020;724:138226. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138226>

15. Rodrigues W, Prata DN, Camargo W. Regional Determinants of the Expansion of Covid-19 in Brazil. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.04.13.20063925>
16. Coelho MTP, Rodrigues JFM, Medina AM, Scalco P, Terribile LC, Vilela B, et al. Exponential phase of covid19 expansion is not driven by climate at global scale. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.04.02.20050773>
17. Shi P, Dong Y, Yan H, Li X, Zhao C, Liu W, et al. The impact of temperature and absolute humidity on the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak - evidence from China. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.03.22.20038919>
18. Byass P. Eco-epidemiological assessment of the COVID-19 epidemic in China, January-February 2020. *Glob Health Action*. 2020;13(1):1760490. <https://doi.org/10.1080/16549716.2020.1760490>
19. Caspi G, Shalit U, Kristensen SL, Aronson D, Caspi L, Rosenberg O, et al. Climate effect on COVID-19 spread rate: an online surveillance tool. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.03.26.20044727>
20. Chen B, Liang H, Yuan X, Hu Y, Xu M, Zhao Y, et al. Roles of meteorological conditions in COVID-19 transmission on a worldwide scale. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.03.16.20037168>
21. Jamil T, Alam IS, Gojobori T, Duarte C. No Evidence for Temperature-Dependence of the COVID-19 Epidemic. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.03.29.20046706>
22. Kassem AZE. Do Weather Temperature and Median-age affect COVID-19 Transmission? *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.04.16.20067355>
23. Luo W, Majumder MS, Liu D, Poirier C, Mandl KD, Lipsitch M, et al. The role of absolute humidity on transmission rates of the COVID-19 outbreak. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.02.12.20022467>
24. Notari A. Temperature dependence of COVID-19 transmission. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.03.26.20044529>
25. Triplett M. Evidence that higher temperatures are associated with lower incidence of COVID-19 in pandemic state, cumulative cases reported up to March 27, 2020. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.04.02.20051524>
26. Wang M, Jiang A, Gong L, Luo L, Guo W, Li C, et al. Temperature significant change COVID-19 Transmission in 429 cities. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.02.22.20025791>
27. Alvarez-Ramirez J, Meraz M. Role of meteorological temperature and relative humidity in the January-February 2020 propagation of 2019-nCoV in Wuhan, China. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.03.19.20039164>
28. Bu J, Peng DD, Xiao H, Yue Q, Han Y, Lin Y, et al. Analysis of meteorological conditions and prediction of epidemic trend of 2019-nCoV infection in 2020. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.02.13.20022715>
29. Li J, Zhang L, Ren Z, Xing C, Qiao P, Chang B. Meteorological factors correlate with transmission of 2019-nCoV: Proof of incidence of novel coronavirus pneumonia in Hubei Province, China. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.04.01.20050526>
30. Pirouz B, Golmohammadi A, Masouleh HS, Violini G, Pirouz B. Relationship between Average Daily Temperature and Average Cumulative Daily Rate of Confirmed Cases of COVID-19. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.04.10.20059337>
31. Pawar S, Stanam A, Chaudhari M, Rayudu D. Effects of temperature on COVID-19 transmission. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.03.29.20044461>
32. Riojas-Rodríguez H, ANEXO II. Estudios que predicen la dispersión del SARS-CoV-2. México, 2020. Harvard Dataverse. 2020. <https://doi.org/10.7910/DVN/2ZRRFB>
33. Harbert RS, Cunningham SW, Tessler M. Spatial modeling cannot currently differentiate SARS-CoV-2 coronavirus and human distributions on the basis of climate in the United States. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.04.08.20057281>
34. Araujo MB, Naimi B. Spread of SARS-CoV-2 Coronavirus likely to be constrained by climate. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.03.12.20034728>
35. Baker RE, Yang W, Vecchi GA, Metcalf CJE, Grenfell BT. Susceptible supply limits the role of climate in the COVID-19 pandemic. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.04.03.20052787>
36. Bariotakis M, Sourvinos G, Castanas E, Pirtosos SA. Climatic influences on the worldwide spread of SARS-CoV-2. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.03.19.20038158>
37. Nickbakhsh S, Ho A, Marques DF, McMenamin J, Gunson RN, Murcia PR. Epidemiology of Seasonal Coronaviruses: Establishing the Context for the Emergence of Coronavirus Disease 2019. *J Infect Dis*. 2020;222(1):17-25. <https://doi.org/10.1093/infdis/jiaa185>
38. Tan J, Mu L, Huang J, Yu S, Chen B, Yin J. An initial investigation of the association between the SARS outbreak and weather: With the view of the environmental temperature and its variation. *J Epidemiol Community Health*. 2005;59(3):186-92. <https://doi.org/10.1136/jech.2004.020180>
39. Cai QC, Lu J, Xu QF, Guo Q, Xu DZ, Sun QW, et al. Influence of meteorological factors and air pollution on the outbreak of severe acute respiratory syndrome. *Public Health*. 2007;121(4):258-65. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2006.09.023>
40. Lin K, Fong DYT, Zhu B, Karlberg J. Environmental factors on the SARS epidemic: Air temperature, passage of time and multiplicative effect of hospital infection. *Epidemiol Infect*. 2006;134(2):223-30. <https://doi.org/10.1017/S0950268805005054>
41. Gardner EG, Kelton D, Poljak Z, Van Kerkhove M, Von Dobschuetz S, Greer ALA. A case-crossover analysis of the impact of weather on primary cases of Middle East respiratory syndrome. *BMC Infect Dis*. 2019;19:113. <https://doi.org/10.1186/s12879-019-3729-5>
42. Altamimi A, Ahmed AE. Climate factors and incidence of Middle East respiratory syndrome coronavirus. *J Infect Public Health*. 2020;13(5):704-8. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2019.11.011>
43. Chan KH, Peiris JSM, Lam SY, Poon LLM, Yuen KY, Seto WH. The Effects of Temperature and Relative Humidity on the Viability of the SARS Coronavirus. *Adv Virol*. 2011;2011(734690):1-7. <https://doi.org/10.1155/2011/734690>
44. van Doremalen N, Bushmaker T, Munster VJ. Stability of Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) under different environmental conditions. *Eurosurveillance*. 2013;18(38):20590. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES2013.18.38.20590>
45. Chin AWH, Chu JTS, Perera MRA, Hui KPY, Yen HL, Chan MCW, et al. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *Lancet Microbe*. 2020;1(1):e10. [https://doi.org/10.1016/s2666-5247\(20\)30003-3](https://doi.org/10.1016/s2666-5247(20)30003-3)
46. Amanor-Boadu V, Ross K. COVID-19 incidence trends between April and June 2020: A global analysis. *MedRxiv* [preprint]. 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.07.07.20148007>