

INVESTIGACIÓN ORIGINAL

Predicción de los efectos de la humedad ambiental sobre el desarrollo del COVID-19 en Medan, Indonesia

Tri Bayu Purnama

Introducción

El COVID-19 (enfermedad por coronavirus SARS-COV-2) sigue siendo un problema de salud pública en Indonesia, se estima en 13,645 casos confirmados y 959 mortales a mayo de 2020 (1), no sólo se producen en Yakarta, sino también en todas las provincias de Indonesia (1). Medan, la capital más importante de la provincia de Sumatra del Norte y también la mayor ciudad de la parte occidental de del país, ha notificado 132 casos confirmados y 12 muertes (2). Se han identificado varios factores de riesgo asociados y se ha informado de ellos en estudios realizados en otros lugares, incluidos indicadores meteorológicos (3-5).

Los efectos del clima como parámetros ambientales consistentes en la temperatura, la humedad, las precipitaciones y la exposición a la luz solar están asociados a las enfermedades respiratorias (6-8). Los estudios realizados en otros lugares reportaron que los indicadores climáticos podrían exacerbar la gripe, el síndrome respiratorio agudo grave y la incidencia de COVID-19 (3-5). Unos parámetros estacionales óptimos contribuyen a la multiplicación del virus (9) y podrían estar asociados a una mayor incidencia y mortalidad por COVID-19 (3, 10-12). La elaboración de datos de vigilancia con datos meteorológicos puede utilizarse para predecir las tendencias estacionales con el fin de planificación en salud pública y para detectar incidencias inusuales de enfermedades (13).



Fuente: <http://medancountryclub.com/>

Como capital de la provincia de Sumatra del Norte y la ciudad más grande de la parte occidental de Indonesia, Medan está situada cerca de la línea del ecuador, tiene estaciones tropical típicas: lluviosa y seca (14). La temperatura media anual es de 22° - 29°C. Además, posee una superficie de 265.1 km² y una población de más de 2.26 millones (en 2019), lo que equivale al 16% de la población total de la provincia de Sumatra del Norte (14). Como la información sobre la propagación potencial del COVID-19 y las tendencias de la estacionalidad es limitada, este estudio tiene como objetivo mapear las tendencias de ambos conjuntos de datos, así como investigar la correlación entre el COVID-19 y los parámetros estacionales en Medan, Indonesia.

Tri Bayu Purnama. Facultad de Salud Pública, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, Indonesia. Correo-e: tribayupurnama@uinsu.ac.id

Métodos

Definición de caso de COVID-19

Se refiere a los criterios del Ministerio de Salud con los síntomas de COVID-19 y los resultados de laboratorio (15, 16). En este estudio utilizamos los casos de COVID-19 confirmados y los casos de COVID-19 en recuperación en Medan. Los datos se recopilaron del grupo de trabajo sobre COVID-19 en Medan, que está disponible en línea para el público (2). Este estudio obtuvo los datos del 25 de marzo al 30 de abril de 2020.

Parámetros medioambientales

Los datos medioambientales se obtuvieron de la Oficina Regional de Climatología y Meteorología de Medan (17). Los ambientales incluyeron las temperaturas mínima, máxima y media, la humedad y la exposición a la luz solar. Recabamos los datos ambientales durante marzo y abril de 2020 para observar si existió una variación ambiental antes y después de la detección del COVID-19.

Análisis de datos

Analizamos los datos ambientales y de COVID-19 con un gráfico de líneas de tendencia para observar las variables por día. Los comparamos antes y después de la propagación inicial de COVID-19 con la prueba t. Se realizó una prueba de correlación para analizar el medio ambiente y los casos nuevos y recuperados de COVID-19. Debido a que los datos de COVID-19 no se distribuyen normalmente, se aplicó la prueba de correlación de Spearman (no paramétrica) para investigar la correlación estadística. La aprobación ética no es aplicable a este estudio debido a que se utilizaron datos secundarios de libre acceso al público y tampoco contienen información personal.

Resultados

Los resultados indicaron que la temperatura de Medan oscila entre los 23 y los 29° C, tendiendo a fluctuar durante el periodo de observación de dos meses, debido a las precipitaciones. La humedad y la exposición a la luz solar también tuvo un patrón similar al de la temperatura, lo que se observa en

el clima habitual de los países tropicales. No hubo diferencias significativas en los datos ambientales antes y después de la detección de COVID-19.

En la Tabla 1 se encontró que no hay correlación entre los nuevos casos de COVID-19 y los indicadores ambientales. La mayoría de los indicadores ambientales mostraron una correlación negativa, con una baja puntuación de correlación de Spearman (r). Sin embargo, los casos de COVID-19 recuperados presentaron una correlación negativa con la temperatura media, lo que significa que un mayor número de casos de COVID-19 recuperados está en consonancia con una temperatura media más baja. La humedad también se encontró estadísticamente significativa con los casos de recuperación con una puntuación de correlación de Spearman intermedia.

Discusión

A finales de abril de 2020, se notificaron 132 casos confirmados de COVID-19 en Medan, que se detectaron en línea con la tendencia exponencial en los datos nacionales. Más de 100 casos en un mes, después de uno detectado el 25 de marzo de 2020, que equivalen a más del 80% de los originalmente domiciliados en Medan del total de confirmados de COVID-19 en la provincia de Sumatra del Norte. Hay muchos estudios que investigan la plausibilidad empírica de los parámetros ambientales en la infecciosidad del COVID-19, basándose en las series temporales de la enfermedad y del tiempo. Sin embargo, aún no se han correlacionado empíricamente los impactos de los parámetros ambientales. Este es el primer estudio, que describe la tendencia de los datos de COVID-19 y del medio ambiente, evaluando el impacto de los parámetros ambientales. Nuestros resultados encontraron que sí se podrían correlacionar con la transmisión de COVID-19.

Se encontró que el COVID-19 se ha propagado en Medan con la fluctuación de los parámetros ambientales a través del período de estudio. Puede ser complicado interpretar los datos debido a que algunos parámetros ambientales mostraron correlación con los datos de COVID-19. Estudios anteriores han reportado que las enfermedades respiratorias, principalmente la gripe, se correlacionan con las fluctuaciones de la

temperatura, más que con la baja temperatura que inciden en la activación del virus (18-21).

Nuestros resultados arrojaron que la baja temperatura está correlacionada positivamente con el número de casos recuperados de COVID-19, con una correlación intermedia. Esto está en línea con la investigación de Tosepu (4) de que la temperatura media (0C) está significativamente correlacionada con los casos de recuperación de COVID-19 ($r = 0,392$; $p < 0,001$). La temperatura ha sido determinante para la aceleración de la transmisión del brote de COVID-19 en China (10). En la transmisión del SARS, la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del viento se convierten en un factor de aceleración de la transmisión (6).

La estacionalidad del problema respiratorio de una probable gripe está asociada a la temperatura y la humedad, mientras que los brotes en zonas tropicales y subtropicales son más frecuentes en condiciones húmedas y lluviosas (22). Podría estar causada por las sales y las proteínas de las gotitas (23). Por la estacionalidad en la infecciosidad de COVID-19 sería plausible que sea mayor a bajas temperaturas (24). Esto sugiere que los impactos positivos sobre su velocidad de transmisión podrían estar dados por una temperatura baja y constante en condiciones tropicales normales.

Aquí se encontró una correlación positiva entre la humedad y los casos de COVID-19. La humedad media determina la transmisión del virus de la gripe y la variabilidad de la supervivencia en torno a un 50% y 90%, respectivamente (3, 25). Varios estudios también reportaron que la humedad es el parámetro más importante para predecir la mortalidad relacionada con el calor entre los parámetros ambientales y meteorológicos (21, 26-28). Se encontró también que la humedad tiene una correlación intermedia con el COVID-19, este hallazgo está en consonancia con el estudio que encontró que la humedad es el mejor indicador para los problemas de salud dentro de los parámetros ambientales (29). Es necesario seguir investigando para comprender las relaciones entre los parámetros ambientales y el COVID-19.

Los resultados de esta investigación también están en consonancia con la anterior, de que la humedad

contribuye significativamente en las estaciones en que los virus atacan el sistema respiratorio (11) y tiene una fuerte correlación en el nivel inferior al 1% (8). Por lo tanto, la correlación entre la meteorología y las transmisiones de COVID-19 en Wuhan se convierte en un factor importante cuando la temperatura y la humedad del clima aumentan (12). La humedad puede correlacionarse con las tasas de mortalidad (7). En general, los virus con envoltura de membranas lípidas sobrevivirán mejor a una menor humedad, mientras que los no envueltos serán más estables cuando se encuentren en un entorno con alta humedad (30).

El virus del sarcoma de Rous (VSR) y el virus de la rinotraqueítis infecciosa bovina (VRIV) tienen una envoltura más estable en un entorno con alta humedad, mientras que el de la viruela de las palomas, también con envoltura, no es resistente a la humedad. En zonas de clima templado, el brote del virus de la gripe estacional resulta tener una fuerte correlación con la baja humedad (31). La transmisión viral aumentará en consonancia con la baja humedad ambiental, pero el impacto sobre los seres humanos (anfitriones) sobre las infecciones del virus de la gripe relacionadas con la humedad, sigue sin estar claro. En la investigación de Eriko *et al* (32) se demostró en un experimento con ratas de la raza Mx1 con una humedad relativamente baja tuvo un impacto significativo, por lo que las ratas serían más susceptibles al impacto de una infección por el virus de la gripe A. En climas tropicales, los brotes del virus de la gripe y del sincitial respiratorio (VSR) son más comunes en la estación de las lluvias (alto índice de humedad), pero el mecanismo del patrón estacional aún no está claro (33).

Hay dos propiedades físicas del medio ambiente que tienen una asociación muy estrecha, a saber: humedad y temperatura. La primera es una medida del contenido de humedad en el gas, en relación con la capacidad de éste para soportar la humedad que varía con la temperatura. Así, la humedad se convierte en el parámetro de medición más relevante, por ejemplo, el agua se evapora de la gota respiratoria, lo que indica que la humedad se vuelve muy complicada al describir el contenido de agua en el aire (18). La viabilidad del virus en relación al efecto de la humedad estaría mediado

por la concentración de sales en la gota, en la que a alta humedad, el virus será relativamente estable como resultado de la defensa de las concentraciones fisiológicas. Con una humedad intermedia, se produce un aumento de las concentraciones de sales como resultado del proceso de evaporación, lo que provoca la inactivación del virus. Mientras que a una humedad baja (50%), la concentración de sales será baja y aumentará la estabilidad de los viriones como resultado de la sal que se cristaliza en la solución (34).

La enfermedad de la gripe puede prevenirse con una humedad relativa alta, donde el mecanismo aumentará los niveles de expresión de los ISGs anti-IAV (incluyendo BST2, Mx1, IFITM2, IFITM3, Viperin, ZAP e ISG15). La incapacidad del animal huésped expuesto a una baja humedad para eliminar el virus puede deberse a la disminución del CCM como resultado de la exposición a una baja humedad relativa y a la eliminación de las partículas del virus en las vías respiratorias hacia la tráquea (32). Estos resultados están en consonancia con la observación en humanos, de que la baja humedad y temperatura dan lugar a un largo declive del recubrimiento periciliario que resulta en una disminución del movimiento celular de los cilios, y la ralentización del MCC con el resultado final del aumento de la propagación patógena (35). En condiciones de baja humedad, la ISG estará en inducción en diferentes tipos de células en los pulmones, lo que resultará en mayores cargas virales y patología dependiente de la caspasa-1/11. En conjunto, en condiciones de baja humedad, la enfermedad ocurrirá por una combinación de varios factores (32).

La transmisión por aerosol puede verse influida por la humedad mediante un mecanismo de proporciones de gotas respiratorias que se aerosolizan y la capacidad del virus para sobrevivir en el aerosol (33). Las gotitas respiratorias que entran en un ambiente con baja humedad producida por el tracto respiratorio con alta humedad desaparecerán muy rápidamente porque se ven afectadas por la evaporación, mientras que, a alta humedad, las gotitas respiratorias se evaporarán más lentamente y los aerosoles permanecerán en el ambiente (36, 37).

Un entorno con un alto nivel de humedad implica una mayor durabilidad de los virus de la gripe y del VRS en la superficie de las gotas, gracias a la ralentización de la evaporación (sin embargo, la alta humedad reducirá la supervivencia del virus si las gotas se secan). Además, la propagación de los virus procedentes de la superficie de la mano y de las gotas aumentará en condiciones de alta humedad (38).

Cuando la gota respiratoria se libera del tracto respiratorio al aire ambiente (transición del aerosol de mayor humedad a menor humedad), se producirá la evaporación debido al gradiente de presión de vapor entre la superficie y el aire ambiente. Como resultado de la evaporación, el agua desaparecerá junto con la evaporación mientras que el soluto (proteína y sal) permanecerá, porque la fracción molar de agua en un aerosol es comparable a la presión de humedad en la superficie (ley de Raoult). El cese de la evaporación se produce cuando el punto en el que la actividad del agua en los aerosoles es igual a la humedad ambiental (la presión de vapor en la superficie del aerosol se reduce por el aire ambiente) (39).

La humedad ambiental tiene implicaciones físicas y de inmunidad en las infecciones virales que atacan el sistema respiratorio (32). Epidemiológicamente, la correlación de la muerte por infección del virus de la gripe en las regiones templadas está asociada con la disminución de la humedad como un mecanismo de deterioro de la MCC y la inducción de ISG (40). Los virus de la influenza pueden desarrollarse mejor en regiones con climas tropicales y subtropicales, sin embargo, la humedad no afecta al huésped contra la durabilidad de las infecciones por virus de la influenza en todas las situaciones (41, 42). En el experimento de Yang y Marr (31), las membranas lípidas de los virus con envoltura protegerán la cápside de las amenazas de daño debido a las condiciones de humedad ambiental. Los virus que atacan al sistema respiratorio experimentarán una lenta rehidratación cuando se inhalen. En este efecto hay que tener en cuenta el efecto de la humedad sobre los virus sin envoltura que atacan al sistema respiratorio, como los rinovirus. La inactivación del virus no envuelto se realiza mediante la reestructuración fundamental durante

la rehidratación en el medio de recogida Impinger y la ralentización del nivel de rehidratación (31).

En las poblaciones humanas, la humedad relativamente baja no se asocia a las epidemias de gripe. Por lo tanto, se necesitan más estudios epidemiológicos para determinar la correlación de la temporada durante el brote de influenza con la humedad, así como con las temperaturas interiores y exteriores. Esto es importante porque la temperatura y la humedad en una habitación se asocian con las condiciones exteriores, así como con un brote de gripe imposible (18). Aunque existe una relación entre los dos parámetros, es decir, la humedad y la temperatura con la epidemia, la humedad se convierte en el factor más dominante en la tasa de propagación viral (gripe) en climas templados (40). En conclusión, este estudio mostró una plausibilidad de los parámetros ambientales y las enfermedades COVID-19.

Este estudio tiene una serie de limitaciones debido a la disponibilidad de datos para mapear el riesgo de los parámetros del entorno a la COVID-19. No pudimos obtener los datos ambientales de todos los lugares de Medan debido a la limitación de las pruebas de los parámetros ambientales. Este resultado podría no ser generalizable a los pacientes de COVID-19, debido a la limitación del diseño del estudio. A pesar de estas limitaciones, este estudio se propuso investigar los parámetros del medio ambiente en la parte occidental de Indonesia, en Medan, Sumatra.

Referencia

1. Indonesian COVID-19 Task Force. Situation Report of COVID-19 in Indonesia. 2020.
2. Medan City Communication and Information Office. General Data Related to COVID-19 in Medan City. 2020;
3. Liu J, Zhou J, Yao J, Zhang X, Li L, Xu X, et al. Impact of meteorological factors on the COVID-19 transmission: A multi-city study in China. *Sci Total Environ.* 2020;
4. Tosepu R, Gunawan J, Savitri D, Ode L, Imran A, Lestari H, et al. Correlation between weather and Covid-19 pandemic in Jakarta , Indonesia. *Sci Total Environ.* 2020;725:1–4.
5. Bashir MF, Ma B, Bilal, Komal B, Bashir MA, Tan D, et al. Correlation between climate indicators and COVID-19 pandemic in New York, USA. *Sci Total Environ.* 2020;
6. Yuan J, Yun H, Lan W, Wang W, Sullivan SG, Jia S, et al. A climatologic investigation of the SARS-CoV outbreak in Beijing, China. *Am J Infect Control.* 2006;34(4):234–6.
7. 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;
8. Wang J, Tang K, Feng K, Lv W. High temperature and high humidity reduce the transmission of COVID-19. *SSRN.* 2020;2020:1–26.
9. Scholtissek C, Rott R. Effect of temperature on the multiplication of an Influenza virus. *J Gen Virol.* 1969;
10. 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.* 2020;(77).
11. Sajadi MM, Habibzadeh P, Vintzileos A, Miralles-wilhelm F, Amoroso A. Temperature, humidity, and latitude analysis to predict potential spread and seasonality for COVID-19. *SSRN.* 2020;2020:6–7.
12. Guo X-J, Zhang H, Zeng Y-P. Transmissibility of COVID-19 and its Association with Temperature and Humidity. *Res Sq Prepr.* 2020;1–10.
13. World Health Organization. Global Surveillance for human infection with coronavirus disease (COVID-19). *Interim Guid.* 2020;(February):27–9.
14. BPS Statistics Indonesia. Kota Medan dalam Angka (Medan Profile in Number). 2018.
15. MOH. HK 01.07/MENKES/182/2020 tentang Jejaring Laboratorium Pemeriksaan Coronavirus Disease 19 (Covid-19). 2020.
16. MOH. Pedoman Kesiapsiagaan Menghadapi Coronavirus Disease (COVID-19). Direktorat Jenderal Pencegah dan Pengendali Penyakit. 2020;1–88.
17. Indonesian Meteorology and Climatology. Data Online-Database Center, BMKG. 2020.
18. Lowen AC, Steel J. Roles of Humidity and Temperature in Shaping Influenza Seasonality. *J Virol.* 2014;
19. Jaakkola K, Saukkoriipi A, Jokelainen J, Juvonen R, Kauppila J, Vainio O, et al. Decline in temperature and humidity increases the occurrence of influenza in cold climate. *Environ Heal A Glob Access Sci Source.* 2014;
20. Shaw Stewart PD. Seasonality and selective trends in viral acute respiratory tract infections. *Med Hypotheses.* 2016;

21. Peci A, Winter AL, Li Y, Gnaneshan S, Liu J, Mubareka S, et al. Effects of absolute humidity, relative humidity, temperature, and wind speed on influenza activity in Toronto, Ontario, Canada. *Appl Environ Microbiol.* 2019;
22. Chew FT, Doraisingham S, Ling AE, Kumarasinghe G, Lee BW. Seasonal trends of viral respiratory tract infections in the tropics. *Epidemiol Infect.* 1998;
23. Sooryanarain H, Elankumaran S. Environmental Role in Influenza Virus Outbreaks. *Annu Rev Anim Biosci.* 2015;
24. Ujiie M, Tsuzuki S, Ohmagari N. Effect of temperature on the infectivity of COVID-19. *Int J Infect Dis [Internet].* 2020 Apr 30;S1201-9712(20)30284-8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32360939>
25. Shaman J, Kohn M. Absolute humidity modulates influenza survival, transmission, and seasonality. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2009;
26. Quilodran CS, Currat M, Montoya-Burgos JI. Climatic factors influence COVID-19 outbreak as revealed by worldwide mortality. *medRxiv.* 2020;
27. Gupta S, Raghuwanshi GS, Chanda A. Effect of weather on COVID-19 spread in the US: A prediction model for India in 2020. *Sci Total Environ.* 2020;
28. Ahmadi M, Sharifi A, Dorosti S, Jafarzadeh Ghouschi S, Ghanbari N. Investigation of effective climatology parameters on COVID-19 outbreak in Iran. *Sci Total Environ.* 2020;
29. Zhang K, Li Y, Schwartz JD, O'Neill MS. What weather variables are important in predicting heat-related mortality? A new application of statistical learning methods. *Environ Res.* 2014;
30. Sobsey M, Meschke J. Virus survival in the environment with special attention to survival in sewage droplets and other environmental media of fecal or respiratory origin. Geneva; 2003.
31. Yang W, Marr LC. Mechanisms by Which Ambient Humidity May Affect Viruses in Aerosols AND VIABILITY. *Appl Environ Microbiol.* 2012;78(19):6781–8.
32. Kudo E, Song E, Yockey LJ, Rakib T, Wong PW, Homer RJ. Low ambient humidity impairs barrier function and innate resistance against influenza infection. *PNAS.* 2019;116(22):10905–10.
33. Paynter S. Humidity and respiratory virus transmission in tropical and temperate settings. *Epidemiol Infect.* 2020;143(May):1110–8.
34. Yang W, Elankumaran S, Marr L. Relationship between humidity and influenzaAviability in droplets and implications for influenza's seasonality. *PLoS One.* 2012;7(e46789).
35. Oozawa H, Kimura H, Noda T, Hamada K. Effect of prehydration on nasal mucociliary clearance in low relative humidity. *Auris Nasus Larynx.* 2012;39(1):48–52.
36. Xie X, Li Y, Chwang ATY, Ho PL, Seto WH. How far droplets can move in indoor environments-revisiting the Wells evaporation-falling curve. *Indoor Air.* 2007;17(3):211–225.
37. Yang W, Marr LC. Dynamics of airborne influenza A viruses indoors and dependence on humidity. *PLoS One.* 2011;6(1):e21481.
38. Lopez GU, Gerba CP, Tamimi AH, Kitajima M, Maxwell SL, Rose JB. Transfer efficiency of bacteria and viruses from porous and nonporous fomites to fingers under different relative humidity conditions. *Appl Environ Microbiol.* 2013;79(18):5728–34.
39. Posada J, Redrow J, Celik I. A mathematical model for predicting the viability of airborne viruses. *J Virol Methods.* 2010;164(1):88–95.
40. Shaman J, Pitzer V, Viboud C, Grenfell B, M L. Absolute humidity and the seasonal onset of influenza in the continental United States. *PLoS Biol.* 2010;8(e1000316).
41. Shek L, Lee B. Epidemiology and seasonality of respiratory tract virus infections in the tropics. *Paediatr Respir Rev.* 2003;4(1):105–111.
42. Moura F, Perdigão A, Siqueira M. Seasonality of influenza in the tropics: A distinct pattern in northeastern Brazil. *Am J Trop Med Hyg.* 2009;81(1):180–183.

Recibido: 02 de septiembre de 2020.
Aceptado: 31 de enero de 2021.
Conflicto de intereses: ninguno.



Medicina Social
 Salud Para Todos