

## **Incidencia de la humedad relativa en la transmisión de la COVID-19**

### Impact of relative humidity on COVID-19 transmission

Antonio Navarro-Duran<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4906-928X>

Mauro Cortez-Huerta<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8968-6405>

<sup>1</sup>Universidad Francisco de Paula Santander Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente. San José Cúcuta, Colombia.

<sup>2</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería Química. Puebla, México.

\*Autor para la correspondencia: [antoniond@ufps.edu.co](mailto:antoniond@ufps.edu.co)

#### **RESUMEN**

**Introducción:** El nuevo patógeno SARS-CoV-2 presenta una rápida propagación, y es el causante de la enfermedad del Coronavirus 2019 (COVID-19). Dado que este virus es reciente, el aumento de los casos de la enfermedad COVID-19 ha sido una gran amenaza, a lo que le ha sumado la no existencia de información contundente sobre la enfermedad, su transmisión, y su relación con las distintas variables ambientales.

**Objetivo:** Determinar la incidencia de la humedad relativa en la transmisión de la COVID-19 en las regiones tropicales de Colombia.

**Métodos:** Se analizaron los datos de humedad relativa y número de contagios diarios de COVID-19 de siete ciudades de Colombia ubicadas en la Región Caribe (Barranquilla y Sincelejo), Región Andina (Medellín, Bucaramanga, Armenia y Cúcuta), además de la Región Amazónica (Leticia). Se utilizó un modelo logístico generalizado para analizar los datos existentes y diseñar las curvas epidemiológicas.

**Resultados:** Para todas las ciudades, de acuerdo con el modelo se encontraron altas correlaciones entre la humedad relativa (variable observada) y COVID-19 (variable predicha) con un  $R^2 > 0,90$ . No obstante, se determinó si existía asociación entre las variables

comparando el valor  $p$  con el nivel de significancia  $\alpha$  del 0,05, se encontró una asociación estadísticamente significativa en las ciudades de Leticia, Barranquilla y Cúcuta.

**Conclusiones:** Los resultados indican que existe una relación directa entre la humedad relativa y la transmisión de COVID 19 en regiones tropicales de Colombia. De ahí que se planteó que el estudio aporta una herramienta importante para la toma de decisiones de las instituciones a cargo del control de la enfermedad, como los gobiernos nacionales y locales.

**Palabras clave:** COVID-19; humedad relativa; modelo logístico generalizado; virus; zona tropical.

## ABSTRACT

**Introduction:** The new pathogen SARS-CoV-2 presents a rapid spread, and is the cause of the Coronavirus disease 2019 (COVID-19). Given that this virus is recent, the increase in cases of the COVID-19 disease has been a great threat, to which has been added the lack of conclusive information about the disease, its transmission, and its relationship with the different environmental variables.

**Objective:** To determine the incidence of relative humidity in the transmission of COVID-19 in the tropical regions of Colombia.

**Methods:** Relative humidity data and number of daily COVID-19 infections from seven cities in Colombia located in the Caribbean Region (Barranquilla and Sincelejo), Andean region (Medellín, Bucaramanga, Armenia and Cúcuta), as well as the Amazon Region (Leticia) were analyzed. A generalized logistic model was used to analyze existing data and design epidemiological curves.

**Results:** For all cities, according to the model, high correlations were found between relative humidity (observed variable) and COVID-19 (predicted variable) with an  $R^2 > 0.90$ . However, it was determined if there was an association between the variables by comparing the  $p$ -value with the level of significance  $\alpha$  0.05, a statistically significant association was found in the cities of Leticia, Barranquilla and Cúcuta.

**Conclusion:** The results indicate that there is a direct relationship between relative humidity and the transmission of COVID 19 in tropical regions of Colombia. Hence, it is proposed that the study provides an important tool for the decision-making of the institutions in charge of the control of the disease, such as national and local governments.

**Keywords:** COVID-19; relative humidity; generalized logistics model; viruses; tropical zone.

Recibido: 29/11/2020

Aceptado: 30/07/2021

## Introducción

En el mundo han acontecido a través de la historia un número importante de pandemias que transformaron la historia de la humanidad, y causaron un número significativo de pérdidas de vidas humanas. En la actualidad existe una emergencia de salud pública que preocupa a la sociedad, a causa del virus SARS-CoV-2, cuyas enfermedades van desde el resfriado común, hasta enfermedades más graves. El nuevo patógeno SARS-CoV-2 presenta una rápida propagación, y es el causante de la enfermedad del Coronavirus 2019 (COVID-19) y fue declarado por la Organización Mundial de Salud (OMS) como una pandemia. Su origen se determina en Wuhan, provincia de Hubei, China, en diciembre de 2019.<sup>(1)</sup>

En América Latina y el Caribe, al 02 de agosto de 2020, más de 200 000 personas habían fallecido a causa de la COVID-19. Brasil, México y Perú han sido los países con el mayor número de muertes. Estas cifras pueden ser mayores, pues varios países de esta región alertaron sobre grandes tasas de muertes no reportadas.

Dado que este virus es reciente, el aumento de los casos de COVID-19 han sido una gran amenaza, como consecuencia de las carencias en los sistemas de salud en países en desarrollo.<sup>(2)</sup> Además, al no existir información contundente sobre su transmisión, la enfermedad, y su relación con las distintas variables ambientales, este coronavirus en otras latitudes ha mostrado un período de incubación medio de aproximadamente 5 días.<sup>(2,3,4,5)</sup>

Se ha reportado que de acuerdo a la fisiología de la COVID-19 y las características climáticas, los aerosoles del virus pueden desplazarse hasta 7 m,<sup>(6)</sup> por su parte *Vellingiri* y otros<sup>(7)</sup> plantearon que este coronavirus se propaga más rápidamente que el SARS-CoV y MERS-CoV, al no haber información científica reciente, en el momento del estudio, sobre los síntomas de la enfermedad y teniendo en cuenta las particularidades en su transmisión, el

referente a tener en cuenta para entender la enfermedad, y su relación con el clima, fueron algunos virus respiratorios estacionales.

*Dalziel* y otros<sup>(8)</sup> encontraron que el virus de la influenza muestra una dependencia de la humedad relativa (HR) y la temperatura (T). En el caso de los coronavirus, *Lai* y otros y *Remuzzi & Remuzzi*,<sup>(9,10)</sup> informaron que existen cuatro maneras diferentes de transmisión: contacto físico directo con un individuo infectado, transmisión a través de objetos en contacto directo y contacto entre humanos,<sup>(11)</sup> transmisión a través de aerosoles expulsados por individuos al hablar o toser los infectados sintomáticos, y la alta tasa de transmisión de los asintomáticos al toser,<sup>(12)</sup> y que pueden permanecer largos períodos en suspensión.<sup>(13,14,15)</sup> La relación de las variables temperatura y humedad relativa con los virus se está estudiando hace años. *Harper*,<sup>(16)</sup> en condiciones de laboratorio encontró que cuatro tipos de virus como *Vaccinia virus*, influenza, encefalomyelitis equina venezolana y poliomielitis, presentan un comportamiento diferente, respecto a cada una de las variables climatológicas (temperatura y humedad relativa), alcanzan una permanencia en el ambiente hasta 23 h. Estudios más recientes plantean que el síndrome respiratorio agudo severo (SARS) en superficies puede permanecer hasta 28 días, con temperaturas de 4 °C y 20 % de HR.<sup>(17)</sup>

Los estudios realizados al inicio de la pandemia COVID-19, sobre sus formas de propagación en el planeta, y su relación con el clima, corresponden a Asia y Europa (zona templada), pocos estudios se realizaron en el trópico. De ahí, que sea oportuno estudiar la correlación entre la HR y los casos reportados de la enfermedad en zonas climáticas tropicales.<sup>(18)</sup> Por su parte *Casanova* y otros<sup>(17)</sup> hacen referencia a varios criterios relacionados con la influencia de la estacionalidad en la infección por SARS-CoV-2, y afirman que el virus puede proliferar en cualquier momento del año, incluso que puede extenderse eficazmente en climas cálidos y húmedos.

El Centro para el Control y Prevención de Enfermedades,<sup>(19)</sup> afirmaban, hasta el momento del estudio, que no se conocía con certeza si las características climáticas afectaban la propagación de la COVID-19. Sin embargo, *Chan* y otros<sup>(11)</sup> en su estudio realizado en Brasil expresaron, que para entender la transmisión de los coronavirus, era necesario estudiar la temperatura y la humedad. Otros autores<sup>(20,21,22,23)</sup> han sugerido una correlación entre el clima y la COVID-19, de manera similar a como ocurre con otras enfermedades infecciosas virales como la influenza.

Colombia es el único país de Sudamérica con costas al océano Atlántico y Pacífico, su ubicación latitudinal corresponde a la zona intertropical. La clasificación climática de Koppen, pone a Colombia con climas tropicales, pasando de climas secos a templados, con una gran ausencia de climas continentales, según datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). De acuerdo con Pabón y otros<sup>(24)</sup> la distribución de las lluvias que genera aumento de la humedad relativa en el país presenta el siguiente patrón:

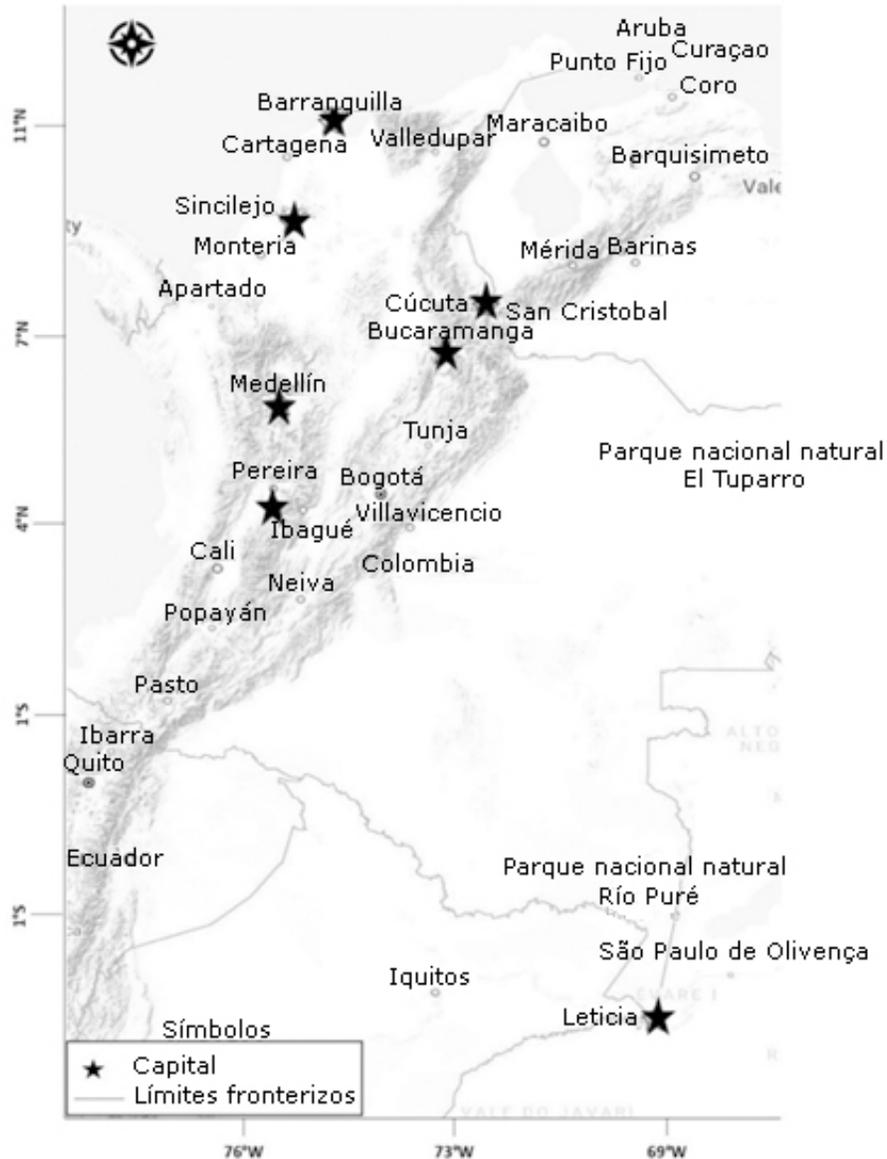
- Región Caribe: un comportamiento bimodal en el año, con una época de baja humedad promedio del 60 % y el 70 % HR entre los meses de junio-agosto, y enero y febrero. Los demás meses alcanzan un promedio mayor del 80 %.
- Región Andina: al igual que la región anterior (bimodal), pero en la mayor parte de esta región, presenta una diferencia entre el 10 % y el 15 % entre el mes más húmedo y más seco.
- Región Orinoquia: con un comportamiento de tipo unimodal, para esta región la época de sequía presenta valores mínimos del 60 % y el 65 % HR entre los meses de enero-marzo.
- Región Amazónica y Pacífica: la particularidad de esta región es que mantiene valores cercanos de saturación mayores que el 85 % durante gran parte del año.

Sobre la base del supuesto de que las condiciones climáticas tienen un importante papel significativo en la propagación de la COVID-19, y las características bioclimáticas de Colombia, el estudio se planteó como objetivo determinar la incidencia de la humedad relativa en la transmisión de la COVID-19 en las regiones tropicales de Colombia.

## Métodos

*Área de estudio:* Colombia, es un país ubicado en la zona noroccidental de América del sur, con un clima tropical, se extiende desde los 4° 13' 30" de latitud sur, hasta los 12° 27' 46" de latitud norte; y desde los 66° 50' 54" al occidente del meridiano de Greenwich por el oriente, hasta los 79° 0' 23" del mismo meridiano.<sup>(24)</sup> Para este estudio se consideraron distintas

ciudades de ubicadas en la Región Caribe (Barranquilla y Sincelejo), Región Andina (Medellín, Bucaramanga, Armenia y Cúcuta), además de la Región Amazónica (Leticia) (Fig. 1).



**Fig. 1** - Mapa con las ubicaciones de las ciudades de estudio.

*Datos de COVID-19:* los datos consultados correspondieron a distintas ciudades de Colombia, los cuales se descargaron del repositorio digital del Instituto Nacional de Salud (INS),<sup>(25)</sup> de acceso libre. El periodo de inicio fue el 15 de marzo de 2020 día en el que se identificaron los primeros casos de la enfermedad por COVID-19 en Colombia, y se extendió

hasta al 14 de julio de 2020. Por lo tanto, se conformó una serie de tiempo con el número de casos de COVID-19 acumulados diariamente en las distintas ciudades.

*Datos de HR:* los datos climatológicos se extrajeron de la base de datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM),<sup>(24)</sup> el cual cuenta con estaciones meteorológicas automáticas instaladas en las ciudades de estudio (Cuadro). Concretamente, se utilizó la variable de HR (promedios diarios), por cada estación de monitoreo. No se pudo analizar otras variables como precipitación, temperatura, radiación UV, porque las estaciones que reportan esta información no se encontraban calibradas y podrían generar una mala interpretación de los datos.

**Cuadro - Descripción de las estaciones meteorológicas automáticas**

Nombre	Latitud	Longitud	Altitud	Área Operativa	Departamento	Municipio
Aeropuerto Vásquez Cobo	-4,197792	-69,942541	84	Cundinamarca-Amazonas-San Andrés	Amazonas	Leticia
Aeropuerto El Edén	4,451824	-75,766733	1229	Cauca-Valle-Caldas	Quindío	Armenia
Escuela Naval Barranquilla	11,003357	-74,78706	10	Atlántico-Bolívar-Sucre	Atlántico	Barranquilla
Aeropuerto Palonegro	7,127592	-73,181284	1189	Santanderes-Arauca	Santander	Bucaramanga
Aeropuerto Camilo Daza	7,926198	-72,508671	313	Santanderes-Arauca	Norte De Santander	Cúcuta
San Marcos	8,661605	-75,131976	31	Atlántico-Bolívar-Sucre	Sucre	San Marcos
Olaya Herrera	6,274652	-75,608565	1490	Antioquia-Chocó	Antioquia	Medellín

*Análisis estadístico:* se utilizó un modelo logístico generalizado (GLM), en el cual los cálculos se realizaron utilizando un enfoque de regresión de mínimos cuadrados, y así describir la relación entre el predictor y la variable de respuesta. Se eligió este enfoque por su simplicidad, y capacidad de captar el verdadero alcance del predominio de la pandemia. El GLM realiza múltiples comparaciones entre las medias de los niveles de los factores para encontrar diferencias significativas inspiradas en la biología de la población. Este modelo asume la fase inicial de crecimiento exponencial, que se satura a medida en la que se acumulan los casos de la enfermedad. Este modelo se ha utilizado para abordar notables coincidencias de datos reales de pandemias de SARS, zika y ébola.<sup>(26,27,28)</sup> El GLM es una

herramienta valiosa para la caracterización, y dinámica de transmisión de la COVID-19, junto con los impactos de otras intervenciones.<sup>(29,30)</sup>

## Resultados

*Estadística descriptiva:* para evaluar el desempeño del GLM se observó la incidencia durante la etapa inicial de la pandemia en Colombia. Se utilizó un subconjunto de datos de 121 días para todas las ciudades (Tabla 1).

**Tabla 1** - Resumen del modelo logístico generalizado de la pandemia de COVID-19 en distintas ciudades Colombia

Parámetro	Leticia	Armenia	Barranquilla	Bucaramanga	Cúcuta	Sincelejo	Medellín
R <sup>2</sup>	0,98	0,97	0,95	0,91	1,00	0,91	0,95
Valor <i>f</i>	3,59	1,88	2,38	1,85	20,30	1,03	1,34
Valor <i>p</i>	0,04*	0,22	0,04*	0,06	0,00*	0,52	0,35
Coef. de covariable	17,67	1,64	296,90	12,52	5,68	358,70	73,50

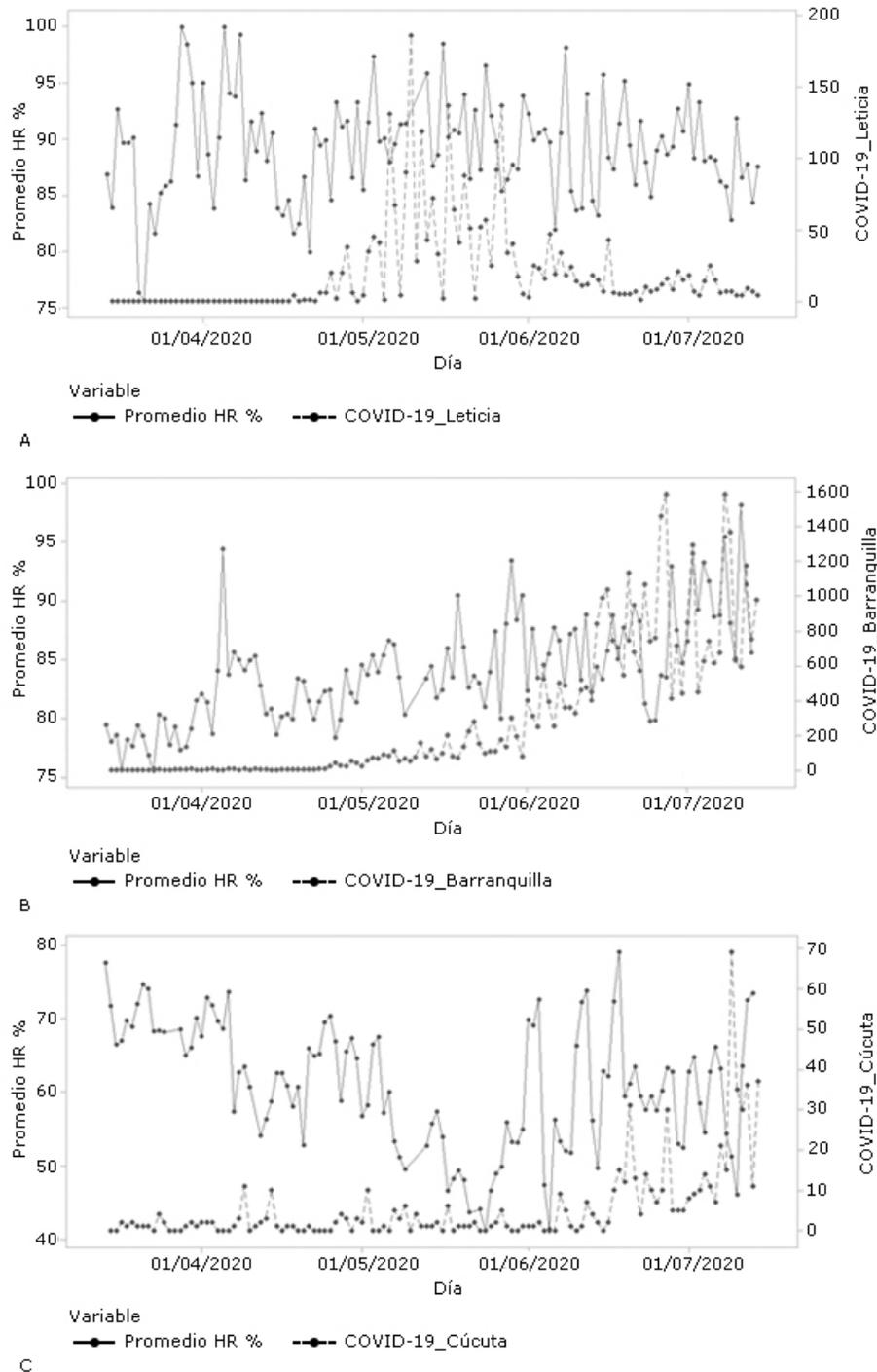
\*Nivel de asociación estadísticamente significativo comparando R<sup>2</sup> y valor *p*.

R<sup>2</sup> Coeficiente de determinación.

Para todas las ciudades se encontraron altas correlaciones entre la incidencia observada (HR), y la predicha (COVID-19), con un R<sup>2</sup> > 0,90. También se encontró una asociación estadísticamente significativa en las ciudades de Leticia, Barranquilla y Cúcuta, superando el valor *p* en las ciudades de Sincelejo, Medellín, Armenia y Bucaramanga, mientras que el coeficiente de variabilidad es la mitad del tamaño del efecto, este representa el cambio en la respuesta media pronosticada.

*Transmisión de la COVID-19:* el orden en que apareció la enfermedad en las ciudades estudiadas, según los casos reportados, fue (inició 16 de marzo) Barranquilla, Medellín, Bucaramanga, Armenia, Cúcuta, Sincelejo y Leticia. Además, los reportes diarios de nuevos casos de la enfermedad mostraron un comportamiento ascendente, al igual que el aumento de la HR, para el caso de la ciudad Cúcuta, este patrón de comportamiento concuerda con el inicio de la temporada de lluvias. En todas las ciudades se observó el mismo patrón de comportamiento, al presentarse un aumento o descenso de la HR, la enfermedad presentaba la misma tendencia (Fig. 2).

En el periodo del estudio, Barranquilla fue la ciudad que registró el mayor número de casos de la enfermedad, con una tendencia al incremento a finales del mes de mayo y el primer pico de contagios se registró el 14 de junio.



**Fig. 2** - Serie de tiempo de los casos acumulados de COVID-19, y promedio diario de humedad relativa: A: Leticia, B: Barranquilla, C: Cúcuta.

El mayor número de casos se reportó en las ciudades Barranquilla y Medellín, que se caracterizan por tener mayor número de habitantes, mayor importancia económica y ser destino turístico.

## Discusión

Entender cómo se propaga la COVID-19 ha sido un gran desafío en el contexto de un brote causado por un nuevo patógeno. Hasta el momento del estudio las investigaciones eran escasas, y se desconocía su historia natural y sus modos de transmisión. Posteriormente, se pudieron revelar algunas características de este nuevo virus. *Nishiura* y otros y *Rasmussen* y otros<sup>(3,4)</sup> establecieron un período de incubación de 2 a 14 días. Sin embargo, los datos de contagio diario que se asociaron al modelo (GLM) correspondían a 14 días anteriores. Esto se debió a que la información del reporte diario del Instituto Nacional de Salud pertenecía a pruebas realizadas entre 15 y hasta más de 30 días anteriores, de acuerdo con la información reportada por instituciones oficiales de control, quienes indicaron que la capacidad instalada de los laboratorios no fue suficiente al inicio de la pandemia, sumado a los errores en el procesamiento de las muestras.

*Qi* y otros<sup>(31)</sup> establecieron que los factores meteorológicos influyen en la transmisión, aunque cada virus responde a ciertas condiciones ambientales.<sup>(8,16)</sup> Un reporte del GTM<sup>(32)</sup> indicó que el virus SARS-CoV-2 podría comportarse de forma similar al virus de la gripe (influenza), y que algunas de las características de transmisión del virus de la influenza corresponden a la dosis infecciosa,<sup>(33)</sup> la carga viral recibida por un individuo, la transmisión, su genética, las características físicas del propio virus, las predisposiciones de los huéspedes, la higiene, la densidad poblacional, número de individuos en las viviendas, las restricciones de movilidad o aislamiento de personas de alto riesgo. En este estudio no se tuvieron en cuenta esas características para el análisis de los datos.

La COVID-19 ha mostrado comportamientos y asociaciones diferentes a nivel mundial en la medida de su avance a nivel continental. Según los resultados de estudios y modelos matemáticos obtenidos en las investigaciones,<sup>(34,35)</sup> la mortalidad, transmisión de la enfermedad, y otros virus pertenecientes a la familia de los SARS, estarían asociadas a las

condiciones climáticas (temperatura, humedad relativa, humedad absoluta, precipitación, velocidad de los vientos) dadas las dependencias las unas de las otras.

El modelo utilizado en este trabajo GLM está capacitado para analizar los datos existentes, y diseñado para el desarrollo de curvas epidémicas a corto y largo plazo, en lugar de solo una estimación como lo hacen otros modelos. Además, permite conocer la dinámica de transmisión, y de trayectoria de la COVID-19, junto a su asociación con la humedad relativa en las áreas de estudio. No obstante, los cambios en las políticas de los gobiernos, el mismo comportamiento humano, los kits para la prueba que pueden conducir a un diagnóstico deficiente y datos incompletos, pudieron impactar de manera directa en el modelo.

Al momento de finalizar esta investigación solo existían dos trabajos en el sur de América, y ninguno para Colombia que relacionara variables ambientales con la COVID-19. La HR es la variable que se ha asociado de manera positiva con esta enfermedad en otras regiones del planeta. Igualmente, es la principal variable para tener en cuenta en las regiones tropicales donde no existen las estaciones.

Algunos autores indican que las altas temperaturas, y la alta humedad reducen los contagios con el virus en la zona templada. Esto no es aplicable en la zona tropical según lo reportado por *Prata* y otros<sup>(18)</sup> los cuales no encontraron efecto negativo a temperaturas superiores a 25 °C. Por su parte, *Sobral* y otros<sup>(35)</sup> hallaron que en países con aumento de las precipitaciones se observó un aumento en la transmisión de la enfermedad, pero no encontraron correlación con las temperaturas, resultado que es similar a lo encontrado por *Liu* y otros<sup>(22)</sup> en algunas ciudades de China.

Para el caso de Colombia durante todo el año se registran temperaturas promedios diarios del rango de 18-32 °C, por tal motivo se considera, que de acuerdo a la manera como se ha propagado el virus en todas las regiones del país, y con los datos bibliográficos existentes, la temperatura en la zona tropical no es una variable limitante de la transmisibilidad y supervivencia de un virus respiratorio y sí lo es la HR. Estudios anteriores donde se involucra la HR con el virus de la influenza lo corroboran,<sup>(21)</sup> ya que en condiciones de laboratorio encontraron que la transmisión por aire es un modo importante, pues los núcleos de aerosoles se producen o permanecen en suspensión de acuerdo con la cantidad de vapor de agua.

Las investigaciones deben desarrollarse de manera local y de acuerdo a las características climáticas de las regiones, pues existe una variabilidad climática y un cambio climático

global que afecta a todo el planeta. *Auler* y otros<sup>(2)</sup> plantean que las temperaturas superiores a 27 °C y por encima de 79 % HR favorecen la propagación del virus, otros autores dicen que esta condición se presenta cuando la HR es moderada y temperatura menor a 20 °C.<sup>(31)</sup> Mientras que *Casanova* y otros<sup>(17)</sup> sugieren que HR no es determinante en la inactivación del virus solo cuando las temperaturas son superiores a 40 ° C.

### Consideraciones finales

El modelo GLM ayuda a identificar la influencia que pudo tener la humedad relativa durante la primera etapa de la pandemia COVID -19. En las ciudades de Leticia, Barranquilla y Cúcuta tuvo una influencia positiva. La no significancia de la HR con las otras ciudades se puede asociar a factores externos a esta variable, entre ellos el comportamiento de las personas, capacidad instalada de los laboratorios, el manejo de las muestras y la entrega de resultados.

Aunque no se tuvieron en cuenta otras variables por la falta de calibración de las estaciones, el aumento de la HR en la zona tropical se asocia directamente con la estacionalidad hídrica, que se presenta durante varios meses del año (régimen bimodal y unimodal). Por lo tanto, esta información permite inferir un comportamiento de la enfermedad muy similar a otras enfermedades estacionales respiratorias.

Se puede concluir que si el reporte de la OMS de noviembre de 2020 indicaba que la humedad pudiera ser un factor de alto contagio de la enfermedad COVID-19, los resultados en este estudio ayudan a corroborar ese criterio. De ahí que se plantee que el estudio aporta una herramienta importante para la toma de decisiones de las instituciones a cargo del control de la enfermedad, como los gobiernos nacionales y locales, lo que facilita la promoción de medidas de prevención y mitigación de la enfermedad asociadas a la variable humedad relativa.

### Agradecimientos

Los autores del presente artículo agradecen al Gobierno de Colombia y a las entidades públicas, al IDEAM, al Instituto Nacional de Salud, Ministerio de las TIC, que por medio de sus plataformas institucionales se pudo acceder a sus diferentes bases de datos de manera

gratuita, además, al Ph.D. Fermín Rada Rincón por la revisión del artículo y los comentarios pertinentes que enriquecieron este documento.

## Referencias bibliográficas

1. WHO. Nuevo coronavirus 2019 (COVID-19). Geneva: World Health Organization; 2020 [acceso 12/08/2020]. p. 5-8. Disponible en: <https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>
2. Auler AC, Cássaro FA, da Silva VO, Pires LF. Evidence that high temperatures and intermediate relative humidity might favor the spread of COVID-19 in tropical climate: A case study for the most affected Brazilian cities. *Sci Total Environ.* 2020;729-1:10. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.139090](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139090)
3. Nishiura H, Linton NM, Akhmetzhanov AR. Serial interval of novel coronavirus (COVID-19) infections. *Int J Infect Dis.* 2020;93:284-306. DOI: [10.1016/j.ijid.2020.02.060](https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.02.060)
4. Rasmussen SA, Smulian JC, Lednicky JA, Wen TS, Jamieson DJ. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) and pregnancy: what obstetricians need to know. *Am J Obstet Gynecol.* 2020;222(5):415-26. DOI: [10.1016/j.ajog.2020.02.017](https://doi.org/10.1016/j.ajog.2020.02.017)
5. Steel J, Palese P, Lowen AC. Transmission of a 2009 Pandemic Influenza Virus Shows a Sensitivity to Temperature and Humidity Similar to That of an H3N2 Seasonal Strain. *J Virol.* 2011;85(3):14-20. DOI: [10.1128/JVI.02186-10](https://doi.org/10.1128/JVI.02186-10)
6. Bourouiba L. Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions: Potential Implications for Reducing Transmission of COVID-19. *JAMA - J Am Med Assoc.* 2020;323(18):1837-48. DOI: [10.1001/jama.2020.4756](https://doi.org/10.1001/jama.2020.4756)
7. Vellingiri B, Jayaramayya K, Iyer M, Narayanasamy A, Govindasamy V, Giridharan B, *et al.* COVID-19: A promising cure for the global panic. *Sci Total Environ.* 2020;725:138-47. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.138277](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138277)
8. Dalziel BD, Kissler S, Gog JR, Viboud C, Bjørnstad ON, Metcalf CJ, *et al.* Urbanization and humidity shape the intensity of influenza epidemics in U.S. cities. *Science.* 2018;362(6410):75-9. DOI: [10.1126/science.aat6030](https://doi.org/10.1126/science.aat6030)
9. Lai CC, Shih TP, Ko WC, Tang HJ, Hsueh PR. Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and coronavirus disease-2019 (COVID-19): The epidemic

- and the challenges. *Int J Antimicrob Agents*. 2020;55(3):105-24. DOI: [10.1016/j.ijantimicag.2020.105924](https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2020.105924)
10. Remuzzi A, Remuzzi G. COVID-19 and Italy: what next? *Lancet*. 2020;395(10231):1225-8. DOI: [10.1016/S0140-6736\(20\)30627-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30627-9)
11. Chan KH, Peiris JS, Lam SY, Poon LL, Yuen KY, Seto WH. The effects of temperature and relative humidity on the viability of the SARS coronavirus. *Adv Virol*. 2011;2011:1-7. DOI: [10.1155/2011/734690](https://doi.org/10.1155/2011/734690)
12. Singhal T. Review on COVID19 disease so far. *Indian J Pediatr*. 2020;87(April):281-6. DOI: [10.1007/s12098-020-03263-6](https://doi.org/10.1007/s12098-020-03263-6)
13. Booth TF, Kournikakis B, Bastien N, Ho J, Kobasa D, Stadnyk L, *et al*. Detection of airborne severe acute respiratory syndrome (SARS) coronavirus and environmental contamination in SARS outbreak units. *J Infect Dis*. 2005;191(9):1472-77. DOI: [10.1086/429634](https://doi.org/10.1086/429634)
14. Runkle JD, Sugg MM, Leeper RD, Rao Y, Matthews JL, Rennie JJ. Short-term effects of specific humidity and temperature on COVID-19 morbidity in select US cities. *Sci Total Environ*. 2020;740:1-9. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.140093](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140093)
15. ALA. American Lung Association: State of the Air. American Lung Association. 2013 [acceso 12/07/2020]. Disponible en: <https://www.stateoftheair.org/>
16. Harper GJ. Airborne micro-organisms: Survival tests with four viruses. *J Hyg (Lond)*. 1961;59(4):479-86. DOI: [10.1017/S0022172400039176](https://doi.org/10.1017/S0022172400039176)
17. Casanova LM, Jeon S, Rutala WA, Weber DJ, Sobsey MD. Effects of air temperature and relative humidity on coronavirus survival on surfaces. *Appl Environ Microbiol*. 2010;76(9):2712-17. DOI: [10.1128/AEM.02291-09](https://doi.org/10.1128/AEM.02291-09)
18. Prata DN, Rodrigues W, Bermejo PH. Temperature significantly changes COVID-19 transmission in (sub)tropical cities of Brazil. *Sci Total Environ*. 2020;729:138-62. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.138862](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138862)
19. CDC. Datos anteriores de casos de COVID-19 en los EE. UU. Georgia: Centros para el Control y Prevención de Enfermedades. 2020 [acceso 12/08/2020]. Disponible en: <https://espanol.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/cases-updates/previouscases.html>
20. Ficitola GF, Rubolini D. Climate affects global patterns of COVID-19 early outbreak dynamics. *medRxiv and bioRxiv*. 2020;501:1-18. DOI: [10.1101/2020.03.23.20040501](https://doi.org/10.1101/2020.03.23.20040501)

21. 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;724:126-38. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.138226](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138226)
22. 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;726:138-43. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.138513](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138513)
23. 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;725:1-4. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.138436](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138436)
24. Pabón J, Zea J, León G, Hurtado G, González O, Montealegre J, *et al.* La atmósfera, el tiempo y el clima. En: *El Medio Ambiente En Colombia*. Bogotá: IDEAM; 2001 [acceso 04/05/2019].  
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005192/medioambiente/cap3parteI.pdf>
25. INS. Coronavirus Colombia. Bogotá: Instituto Nacional de Salud. 2020 [acceso 12/06/2020]. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/Coronavirus.aspx>
26. Chowell G, Hincapie-Palacio D, Ospina J, Pell B, Tariq A, Dahal S, *et al.* Using Phenomenological Models to Characterize Transmissibility and Forecast Patterns and Final Burden of Zika Epidemics. *PLoS Curr.* 2016;8:395-410. DOI: [10.1371/currents.outbreaks.f14b2217c902f453d9320a43a35b9583](https://doi.org/10.1371/currents.outbreaks.f14b2217c902f453d9320a43a35b9583)
27. Zhou G, Yan G. Severe acute respiratory syndrome epidemic in Asia. *Emerg Infect Dis.* 2003 Dec;9(12):1608-10. DOI: [10.3201/eid0912.030382](https://doi.org/10.3201/eid0912.030382)
28. Chowell G, Viboud C, Simonsen L, Merler S, Vespignani A. Perspectives on model forecasts of the 2014-2015 Ebola epidemic in West Africa: lessons and the way forward. *BMC Med.* 2017 Dec 1;15(1):42-50. DOI: [10.1186/s12916-017-0811-y](https://doi.org/10.1186/s12916-017-0811-y)
29. Aviv-Sharon E, Aharoni A. Generalized logistic growth modeling of the COVID-19 pandemic in Asia. *Infect Dis Model.* 2020;5:502-9. DOI: [10.1016/j.idm.2020.07.003](https://doi.org/10.1016/j.idm.2020.07.003)
30. Liu JJ, Zhou J, Yao J, Zhang X, Li L, Xu X, *et al.* The sensitivity and specificity analyses of ambient temperature and population size on the transmission rate of the novel coronavirus (COVID-19) in different provinces of Iran. *Sci Total Environ.* 2020;728(1):138-52. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.138872](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138872)

31. 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;728:138-48. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.138778](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138778)
32. Esteban M, Gordaliza A, Inzitari M, Jordano P, Lecuona I De, Lechuga LM, *et al.* Informe del GTM 1 sobre “Atmósfera” y Covid -19. España: Gobierno de España; 2020 [acceso 12/08/2020]. Disponible en: [https://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ministerio/FICHEROS/InformeGTMsobre\\_atmosfera.pdf](https://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ministerio/FICHEROS/InformeGTMsobre_atmosfera.pdf)
33. 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):234-46. DOI: [10.1016/j.ajic.2005.12.006](https://doi.org/10.1016/j.ajic.2005.12.006)
34. Li Q, Guan X, Wu P, Wang X, Zhou L, Tong Y, *et al.* Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus-infected pneumonia. *N Engl J Med.* 2020;382(13):1199-207. DOI: [10.1056/NEJMoa2001316](https://doi.org/10.1056/NEJMoa2001316)
35. Sobral MF, Duarte GB, da Penha Sobral AI, Marinho ML, de Souza Melo A. Association between climate variables and global transmission of SARS-CoV-2. *Sci Total Environ.* 2020;729:138-47. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.138997](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138997)

### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

### Contribuciones de los autores

*Conceptualización:* Antonio Navarro-Duran, Mauro Cortez-Huerta.

*Curación de datos:* Antonio Navarro-Duran, Mauro Cortez-Huerta.

*Análisis formal:* Antonio Navarro-Duran, Mauro Cortez-Huerta.

*Investigación:* Antonio Navarro-Duran, Mauro Cortez-Huerta.

*Metodología:* Antonio Navarro-Duran, Mauro Cortez-Huerta.

*Administración de proyecto:* Antonio Navarro-Duran.

*Recursos:* Antonio Navarro-Duran, Mauro Cortez-Huerta.

*Software:* Antonio Navarro-Duran, Mauro Cortez-Huerta.

*Supervisión:* Antonio Navarro-Duran.

*Validación:* Antonio Navarro-Duran, Mauro Cortez-Huerta.

*Visualización:* Antonio Navarro-Duran.

*Redacción - borrador original:* Antonio Navarro-Duran, Mauro Cortez-Huerta.

*Redacción - revisión y edición:* Antonio Navarro-Duran.