

COVID-19 y humedad relativa en regiones de China y Ecuador

COVID-19 and relative humidity in regions of China and Ecuador

Alexander Expósito Lara ^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-7724-3236>

Larisa Durán Gil ² <https://orcid.org/0000-0002-8459-7267>

Berlis Gómez Leyva ¹ <https://orcid.org/0000-0002-4272-6016>

María Teresa Díaz Armas ¹ <https://orcid.org/0000-0002-4272-6016>

1. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Docente (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
2. Cardiocentro, Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia. Correo electrónico: expositolaraalexander@yahoo.com

RESUMEN

Introducción: La aparición de un nuevo coronavirus en la ciudad de Wuhan, diciembre del 2019, ha alarmado a las autoridades de la Organización Mundial de la Salud por su rápida propagación y sus complicaciones en los diferentes escenarios.

Objetivo: Analizar el comportamiento de la humedad relativa y su relación con la aparición de casos nuevos detectados por la COVID-19, en algunas regiones de China y Ecuador.

Método: Se aplicó una metodología observacional y analítica sobre datos climatológicos y epidemiológicos obtenidos a través de los sitios *Web Weather Online* y Estadística de varias regiones (Ecuador y la provincia de Hubei). Los datos se procesaron en el programa estadístico IBM SPSS Statistics, calculándose los valores máximos, mínimos, medianas, promedios así como pruebas de correlación de Pearson y coeficiente de determinación entre las variables de humedad relativa y valores de casos nuevos.

Resultados: Se obtuvo una correlación inversa entre la humedad relativa y los casos nuevos con COVID-19 en las regiones estudiadas, siendo el análisis significativo para Wuhan y débil para la ciudad de Guayaquil.

Conclusiones: Existe una correlación inversa entre las variables estudiadas. A mayor valor de humedad relativa menor número de casos.

Cifras mayores al 80% de humedad relativa podrían propiciar un menor riesgo de contagios, un intervalo entre el 60% y 75 %, aumentaría el peligro de contagio.

Palabras clave: coronavirus, COVID-19, humedad relativa, correlación.

ABSTRACT

Introduction: The emergence of a new coronavirus in the city of Wuhan, December 2019, has alarmed the authorities of the World Health Organization due to its rapid spread and its complications in different scenarios.

Objective: To analyze the behavior of relative humidity and its connection with new COVID-19 cases detected in some regions of China and Ecuador.

Method: An observational and analytical methodology was applied on climatological and epidemiological data, obtained through the Weather Online and Statistics Web sites from various regions (Ecuador and the Province of Hubei). The data were processed in the statistical program IBM SPSS Statistics, calculating the maximum, minimum, median and average values, as well as Pearson's correlation tests and coefficient of determination between relative humidity variables and new cases values.

Results: An inverse correlation was obtained between relative humidity and new cases with COVID-19 in the studied regions, where the analysis was significant for Wuhan and weak for Guayaquil city.

Conclusions: There is an inverse correlation between the studied variables. The higher the relative humidity, the fewer the cases. Figures higher than 80% relative humidity could lead to a lower contagion risk; an interval between 60% and 75% would increase the risk of infection.

Keywords: coronavirus, COVID-19, relative humidity, correlation.

Recibido: 23/02/2021.

Aprobado: 14/06/2021.

Introducción

La aparición de un nuevo coronavirus en la ciudad de Wuhan, China, en diciembre del 2019, se convirtió en una pandemia por su rápida propagación y sus complicaciones en los diferentes escenarios: salud humana, sociedad, economía y política. ^(1,2)

Las cifras de contagios por coronavirus tipo 2 (SARS-CoV-2), portador de un ARN de la familia Coronaviridae ⁽³⁾ causante de la actual enfermedad COVID-19, superaban los 2 700 000 de casos entre los 185 países afectados hasta este 24 de abril del 2020. Estados Unidos representa casi un tercio de estos datos mundiales, con 870 000 personas infectadas. Le continúan estadísticamente, España con más de 213 000, Italia con 190 000 y Francia con 160 000 casos confirmados. ⁽⁴⁾

La situación en América Latina también es impresionante liderando la mayor cifra Brasil con 50 230 casos, Perú (20 214), Chile (11 812), México (11 633) y Ecuador con 11 183 casos confirmados. ⁽⁵⁾ No existen cálculos que definan las cifras finales de esta pandemia que continúa colapsando los sistemas de salud sin discriminar el nivel de desarrollo económico de los países.

El promedio de casos nuevos que contagia un caso de coronavirus durante su período infeccioso oscila entre 2,24 (IC 95%: 1,96-2,55) y 3,58 (IC 95%: 2,89-4,39), según estudios realizados, ⁽⁶⁾; es decir, una persona puede infectar aproximadamente de 2 a 4 personas, significando que la infección se propaga rápidamente. Existen diversos factores que se involucran en la propagación de las enfermedades virales, entre ellos está el clima y como variables de este, las más representativas son: la temperatura y la humedad relativa (HR). Esta última se define como la relación entre la presión de vapor de agua en el aire (Pv) y la presión de vapor de agua cuando el aire está saturado de humedad (Pvs), Fórmula: $HR = \frac{Pv}{Psv} \times 100$. ⁽⁷⁾

La elevación de la temperatura disminuye los valores de HR, debido a que produce una mayor retención de vapor de agua en el aire (saturación); es decir, eleva el denominador de la fórmula disminuyendo el porcentaje de HR. Cuando la temperatura es baja en un sistema, el grado de saturación tiende a disminuir; por lo tanto, la HR aumentará. No se deben confundir los conceptos de HR y de humedad absoluta, esta última se refiere a la cantidad de vapor de agua en un determinado volumen de aire. ⁽⁸⁾

La cantidad de partículas de polvo disminuyen cuando la humedad del aire aumenta, debido a que se facilita su depósito por gravedad. Los microorganismos (virus, hongos y bacterias) utilizan estas partículas como transporte para su propagación, este es un mecanismo que explicaría la influencia de la humedad en la transmisibilidad en las enfermedades, específicamente las virales. Existen evidencias de como los climas exteriores e interiores se relacionan con la estacionalidad de las infecciones respiratorias citándose experimentos que demuestran como niveles bajos y altos de HR elevan la transmisibilidad del virus de la influenza. ⁽⁹⁾

En este trabajo se analizará el comportamiento de HR y su relación con la aparición de casos nuevos detectados por la COVID-19, en algunas regiones de China y Ecuador e intentar dar respuesta a la interrogante: ¿Qué correlación se establece entre las cifras de HR y la aparición de nuevos casos con COVID-19?

Método

En esta investigación se aplicó una metodología observacional y analítica para la revisión de datos climatológicos y epidemiológicos obtenidos a través de los sitios *Web Weather Online* y Estadística, en regiones de Ecuador y la provincia china de Hubei. Se seleccionaron los lugares de mayor y menor incidencia de casos nuevos confirmados por COVID-19 de cada país y se plasmaron los datos en figuras lineales, identificando los picos mayores de casos nuevos asociados a las regiones de mayor incidencia, utilizando los valores inferiores y superiores de sus pendientes, así como la mediana de las fechas de pesquisa. A partir de esta fecha se efectuó un conteo regresivo de 14 días, por ser período de incubación estimado ⁽¹⁰⁾ para identificar el inicio del período de incubación (IPI). El IPI se relacionó con las variaciones de la HR que ocurrieron en dicho intervalo.

$IPI = X - 14$

IPI: Inicio del período de incubación.

X: la media entre los días de menor y mayor número de casos nuevos.

Los datos se procesaron en el programa estadístico IBM SPSS Statistics, calculándose los valores máximos y mínimos, valor medio, promedios así como pruebas de correlación de Pearson y coeficiente de determinación entre las variables de HR y valores de casos nuevos.

El valor del coeficiente de correlación (r) varía en el intervalo $[-1,1]$, indicando el signo el sentido de la relación:

- Si $r = 1$, existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada *relación directa*: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.
- Si $0 < r < 1$, existe una correlación positiva.
- Si $r = 0$, no existe relación lineal. Pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes: pueden existir todavía relaciones no lineales entre las dos variables.
- Si $-1 < r < 0$, existe una correlación negativa.
- Si $r = -1$, existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada *relación inversa*: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante.

Para interpretar cualitativamente el valor del coeficiente de correlación (r) se empleó la siguiente escala: ^(11,12)

+/- 0,96 y +/- 1,0: correlación perfecta.

+/- 0,85 y +/- 0,95: correlación fuerte.

+/- 0,70 y +/- 0,84: correlación significativa.

+/- 0,50 y +/- 0,69: correlación moderada.

+/- 0,20 y +/- 0,49: correlación débil.

+/- 0,10 y +/- 0,19: correlación muy débil.

Resultados

En la distribución de los casos confirmados de la COVID-19 al inicio de la pandemia en 2020 en las provincias más representativas de la República de China y Ecuador, se destaca la provincia de Hubei, con el mayor número de casos (67 803), donde se registró el epicentro de la enfermedad, ciudad de Wuhan, diciembre 2019.

Respecto a Ecuador, se incluyó la provincia de Guayas con 11 705 casos diagnosticados al inicio de la pandemia y en contraste la provincia de Morona Santiago, localizada al oriente del país, con solo 44 casos registrados.

Relación entre incidencia de casos y humedad relativa en la República de China

La epidemia COVID-19 comenzó en la ciudad china de Wuhan entre 12 y 29 de diciembre de 2019. ⁽¹³⁾ La mediana entre estas fechas es el día 20 y el inicio del período de incubación estaría marcado sobre el 6 de diciembre, aproximadamente los primeros 14 días del mes de diciembre. Observemos en la fig.1 que las cifras de HR para estos primeros días del mes son menores respecto a la segunda quincena de diciembre, con valores máximos de 75% y mínimos de 48%. ⁽¹⁴⁾

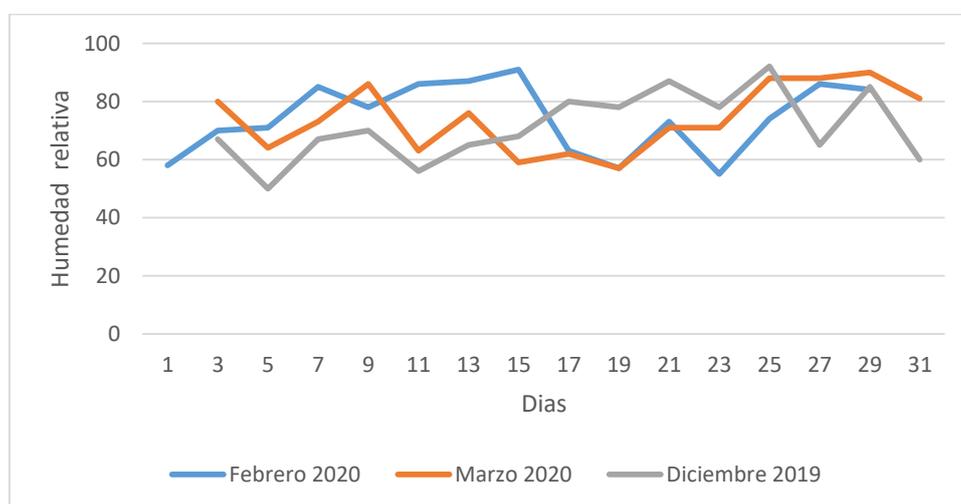


Fig. 1. Distribución de la humedad relativa en los meses de diciembre de 2019, febrero y marzo de 2020, Wuhan ⁽¹⁴⁾

En la fig. 2 se observa que el día 14 de febrero se registraron 2 000 casos que fueron ascendiendo hasta cifras de 19 457 pacientes para el 16 de febrero. ⁽¹⁵⁾ El IPI estaría calculado sobre el 2 de febrero. Relacionando el IPI (2 febrero) con la HR, fig. 1, en los primeros días de febrero se registra un intervalo de HR entre 60 y 70% y en la mayor parte del mes la HR se comporta por debajo del 80%.

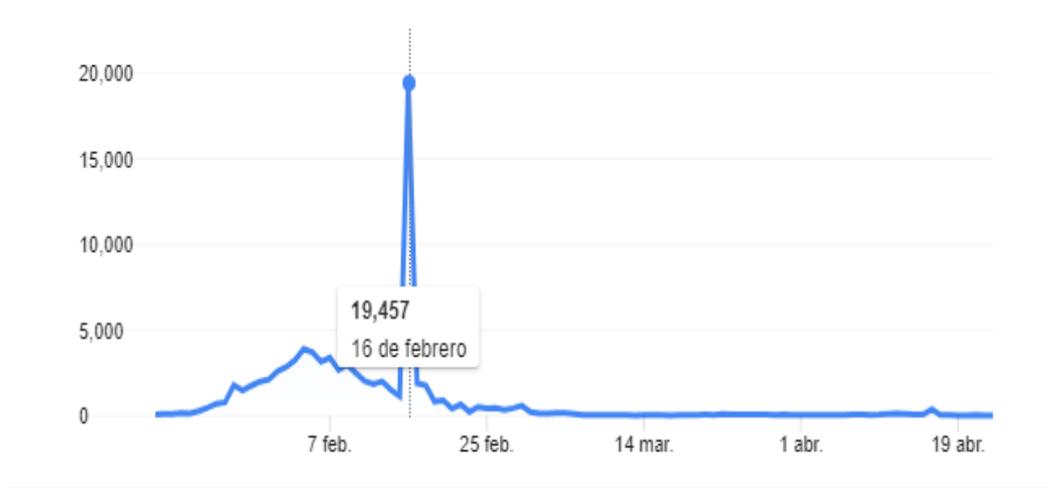


Fig.2 Estadística de casos nuevos en República de China, febrero -abril de 2020 ⁽¹⁵⁾

Relación entre incidencia de casos y humedad relativa en Ecuador

En la fig. 3 se distribuye el número de casos en diferentes cantones de la provincia de Guayaquil y Pichincha. ⁽¹⁶⁾ Se observa un ascenso relevante, a través de la línea azul de puntos, perteneciente a la ciudad de Guayaquil de la provincia de Guayas. Existe un punto de inflexión el 23 de abril donde ascienden exponencialmente el número de casos. El inicio del período de incubación calculado para el día 23 de abril se corresponde para el día 9 del mismo mes.

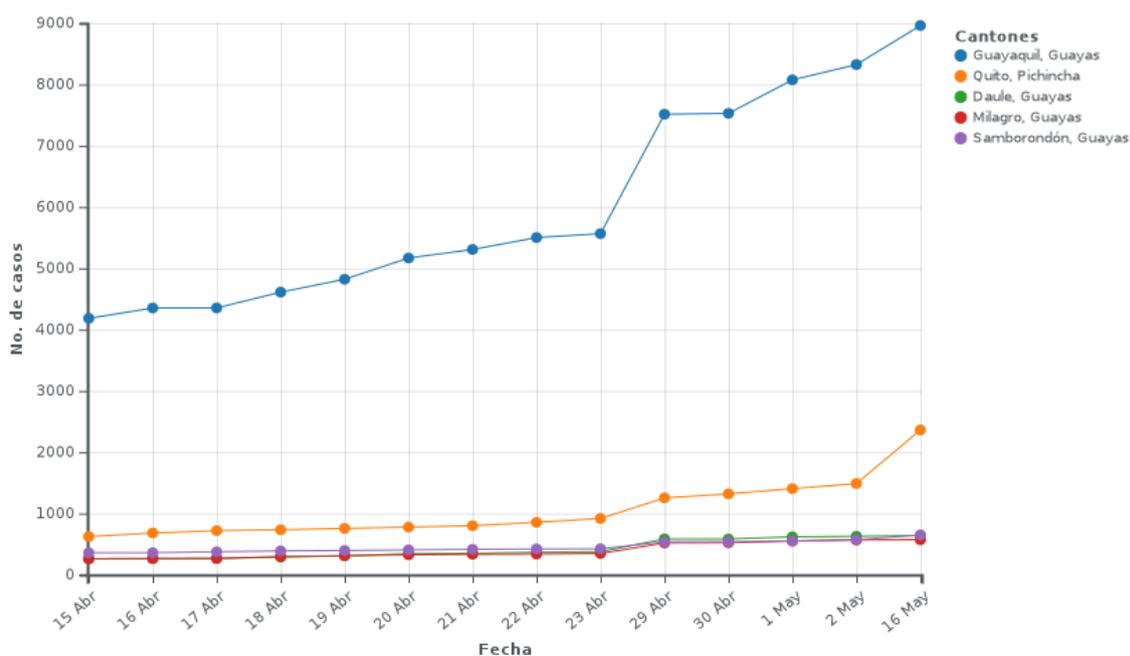


Fig. 3. Distribución de números de casos en Cantones de la provincia de Guayas y Pichincha, abril-mayo de 2020 ⁽¹⁶⁾

El comportamiento de la HR en la ciudad de Guayaquil se representa en la fig. 4. ⁽¹⁴⁾ En los primeros días del mes de febrero la HR presenta variaciones entre 70 y 80% hasta el día 13. Manteniéndose la mayor parte de la segunda mitad del mes por encima del 80%. El primer caso importado con la COVID-19 en Ecuador fue una mujer de 71 años proveniente de Madrid, España que arribó al país el 14 de febrero. A partir del mes de marzo comienzan a aparecer los primeros casos de la COVID-19 en la ciudad de Guayaquil.

Los primeros 19 días del mes de marzo la HR osciló entre 80 y 90% para después descender hasta 62% y elevarse entre el intervalo 70 y 79%. Prácticamente todo el mes de abril se comporta con variaciones de la humedad relativa por debajo del 80%. Observemos un descenso de la HR hasta un 63%. Dicho intervalo tiene un comportamiento inversamente proporcional al comportamiento de la curva de la fig. 4 a partir del 23 de abril, donde se elevan las cifras de casos nuevos con la COVID-19.

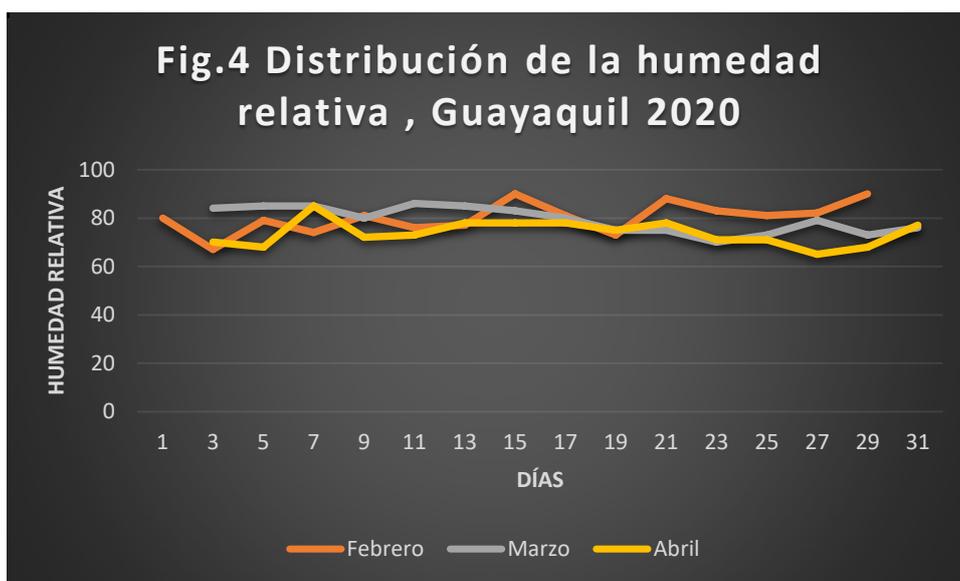


Fig. 4. Distribución de la humedad relativa, Guayaquil 2020 ⁽¹⁴⁾

Morona Santiago es una provincia del oriente del Ecuador, con el menor reporte de casos. ⁽¹⁴⁾ En el la fig. 5 representamos los resultados de la variación de la HR en Macas, desde marzo - mayo 2020. Observemos que las tres curvas comparten intervalos numéricos de HR superiores al 80% en la mayoría de los días.

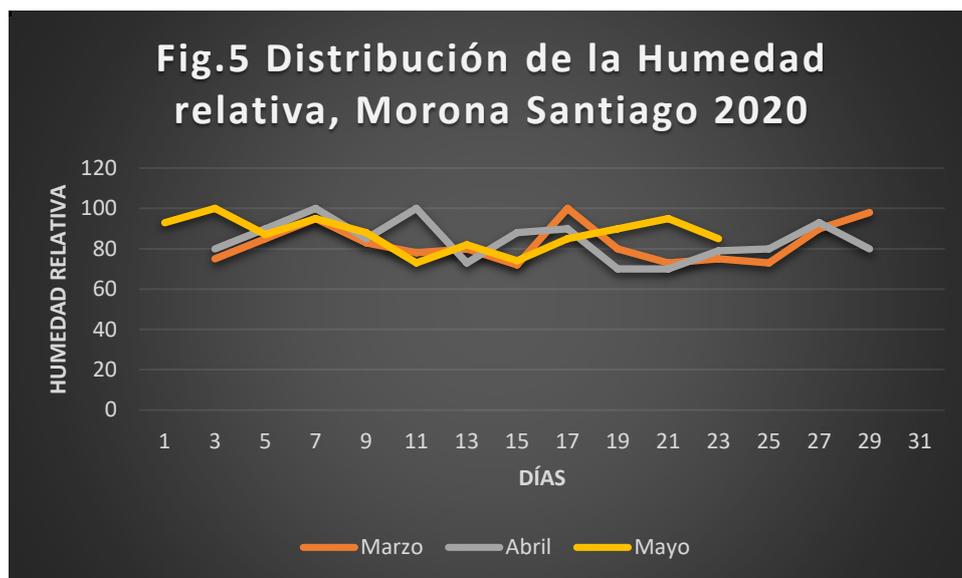


Fig. 5. Distribución de la humedad relativa, Morona Santiago 2020⁽¹⁴⁾

El análisis de las medianas y promedios de los valores de HR que se encontraban en los días del intervalo del inicio del período de incubación se correlacionaron con los casos nuevos confirmados relacionados para ese IPI. El resultado de la tabla I arroja un coeficiente de correlación y de determinación variable según las regiones analizadas.

Tabla I. Correlación entre las variaciones de humedad relativa y casos nuevos de COVID-19 por regiones

Regiones	HR (%)	CN	r	R ²
Wuhan	73	23	-0,798097966	0,636969
	67	27		
	73,5	26		
	76	22		
Guayaquil	72,6	5 100	-0,30387501	0,092340024
	71,4	5 200		
	69	5 500		
	70,2	5 550		
	70,4	7 500		

HR: humedad relativa, CN: casos nuevos, r: coeficiente de correlación, R²: coeficiente de determinación

Discusión

En esta investigación se observa la relación entre las variaciones de la HR y los picos de alza de casos nuevos en las provincias de Hubei, Guayas y Santiago Morona. A simple vista el comportamiento de las curvas de estas figuras pudieran inferir que la disminución de la HR incrementa el número de los casos nuevos por SARS-CoV-2.

De las dos regiones estudiadas, la aplicación del coeficiente de Pearson arrojó una correlación inversa en la ciudad de Wuhan, es decir que, a medida que la HR asciende, las cifras de los casos nuevos disminuyen. Debemos destacar que estas correlaciones son significativas para Wuhan, pero débil para la ciudad de Guayaquil.

Una investigación en más de cien ciudades chinas encontró una correlación lineal inversa entre la temperatura- HR y el número de casos seriados. Por cada aumento de grados Celsius y 1% de HR el RO se redujo 0,0383 y 0,0224 respectivamente. ⁽¹⁷⁾

Es importante señalar que existen otras variables que interfieren en la transmisibilidad viral que no fueron objeto de estudio en esta investigación tales como: edad de los pacientes, estado inmunitario, densidad poblacional, medidas epidemiológicas de control, capacidad de respuesta, etc. ⁽¹⁸⁾

Este estudio proyecta un coeficiente de determinación para Wuhan de 63,6%, definiendo que las variables, humedad relativa (independiente) y de casos nuevos (dependiente) comparten más de 55 % de correlación.

La temperatura y la humedad modulan la viabilidad de los virus al afectar las propiedades de las proteínas de la superficie viral y la membrana lipídica. ^(19,20) Varios trabajos investigativos realizados en animales de experimentación (cobayos), que prestan algunas semejanzas con la presencia del gen antiviral funcional MxGTPasa y el tipo humano (α 2-6) receptor del ácido siálico del epitelio respiratorio, ^(21,22) establecieron que la transmisión del virus de la influenza no ocurrió a los cobayos sometidos a una atomización de virus de la influenza con una HR alta de 80%, respecto al grupo que se colocó en un ambiente de 30%. ^(16,23)

En nuestro estudio los intervalos de variación de las humedades relativas relacionadas con la mayor aparición de casos diagnosticados con COVID-19, se encuentra dentro de un rango entre el 60 y 75% de HR en la mayoría de las regiones analizadas.

Lowen *et al.* ⁽²²⁾ demostraron en su estudio un intervalo de variación de HR donde la transmisión viral era baja. A HR bajas (20-35%), como altas (65%) la contagiosidad aumenta en los animales de experimentación. Por lo tanto, una humedad ideal para evitar la propagación viral respiratoria en aerosol a temperatura ambiente parece estar entre 40% y 60%. Este intervalo de HR protectora en el estudio de Lowen *et al.* ⁽²²⁾ no se pueden demostrar en nuestro trabajo. Si concordamos en la interpretación cualitativa donde la disminución de la HR aumenta la transmisibilidad viral observada en los descensos en la curva de variabilidad de la HR representada dentro del área de las elipses de nuestras figuras. Sin embargo, estos autores estiman un valor de 65% de HR que determina una mayor contagiosidad y se encuentra dentro del intervalo de HR que reflejamos en nuestro estudio entre 60% y 80%.

Llama la atención el comportamiento de la HR en la ciudad de Guayaquil. Esta región, epicentro de la enfermedad en Ecuador, tiene una elevada HR comparada con la región de Wuhan. En este estudio se comprobó que a partir del mes de marzo hasta abril, cuando comenzó el crecimiento acelerado y exponencial de pacientes contagiados, las cifras de HR fueron menores al 80% en el mayor número de días de estos dos meses (marzo-abril). Por otro lado, durante los días de mayor reporte de casos nuevos las variaciones de HR fluctúan entre el 60% y 80%.

Al parecer, rangos de humedades relativas superiores al 80% protegen al ser humano al disminuir la transmisibilidad viral. Además, mejora el funcionamiento de la mucosa respiratoria como se indica en algunos estudios refiriéndose a que un valor de HR de 100% garantiza los beneficios antes expuestos. ⁽²⁴⁾ Algunas de las explicaciones sobre la transmisibilidad viral relacionada con la HR están sustentadas en la reducción del aclaramiento mucociliar y la estabilidad del virus en la mucosa respiratoria. ⁽²⁵⁾

Si analizamos las provincias de Ecuador con menor número casos con la COVID-19, por ejemplo Morona Santiago encontramos un contraste evidente en las variaciones de HR en comparación con la ciudad de Guayaquil. Los registros en Macas muestran que las cifras de HR en la mayor parte de los meses de marzo, abril y mayo se encuentran por encima del 80%.

En un estudio sobre el SARS-CoV-2 y su comportamiento a determinadas temperaturas y HR, Chan *et al.*⁽²⁶⁾ demostraron que entre 22-25⁰C y a una HR entre 40- 50% el virus podría sobrevivir en superficies lisas hasta 5 días y por lo contrario a altas temperaturas (38⁰C) y humedades relativas mayores de 95% la viabilidad viral disminuyó completamente. ^(27, 28) Dicho análisis apoyaría el comportamiento de la enfermedad en Ecuador donde la menor cantidad de casos por COVID-19 se encuentran en las regiones de mayor HR.

La principal limitación de esta investigación es que la HR no es la única variable ambiental y relacionada con los estilos de vida que influye en la COVID-19. Dentro de estos factores se encuentran la contaminación ambiental y otras variables meteorológicas como la temperatura y los vientos.

Conclusiones

Existe una correlación inversa entre las variables de HR y la aparición de casos nuevos. A mayor valor de HR encontraremos menor transmisibilidad viral. Cifras mayores al 80% de HR podrían propiciar un menor riesgo de contagios por COVID-19, mientras que un intervalo entre el 60% y 75%, en las regiones que se comportan con temperaturas altas, aumentaría el peligro de contagio.

Referencias Bibliográficas

1. Eurosurveillance editorial team. Note from the editors: novel coronavirus (2019-nCoV). Euro Surveill. 2020[citado 15/05/2020];25(3):2001231.Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6988271/>
2. Zhu N, Zhang D, Wang W, Li X, Yang B, Song J, *et al.* A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. N Engl J Med. 2020[citado 12/04/2020];382(8):727-733.Disponible en: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmoa2001017>

3. Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J, Hu Y, *et al.* Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet*. 2020[citado 15/05/2021];395(10223):497–506. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673620301835>
4. As.com. Mapa del coronavirus en el mundo, en tiempo real hoy, 24 de abril: casos y muertos. *As. Com.* 24/04/2020; Coronavirus. Disponible en: https://as.com/diarioas/2020/04/24/actualidad/1587705497_422950.html
5. Ríos AM. América Latina y el Caribe: número de casos de COVID-19 por país. Alemania: Statista; 11/06/2021[citado 15/06/2021]. Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/1105121/numero-casos-covid-19-america-latina-caribe-pais/>
6. Zhao S, Lin Q, Ran J, Musa SS, Yang G, Wang W, *et al.* Preliminary estimation of the basic reproduction number of novel coronavirus (2019-nCoV) in China, from 2019 to 2020: A data-driven analysis in the early phase of the outbreak. *Int J Infect Dis.* 2020 [citado 12/05/2021]; 92:214-217. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1201971220300539>
7. Martines E. Definiciones de humedad y su equivalencia. Encuentro Nacional de Metrología Eléctrica. México: Centro Nacional de Metrología de México; 2007[citado 15/08/2020]. Disponible en: www.cenam.mx/dmE/pdf/TM02.pdf
8. 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[citado 15/08/2020];724: 138226. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7142681>
9. Moriyama M, Hugentobler WJ, Iwasaki A. Seasonality of Respiratory Viral Infections. *Annu Rev Virol.* 2020[citado 25/06/2021];7(12):83-101. Disponible en: <https://doi.org/10.1146/annurev-virology-012420-022445>

10. WHO. Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). Geneva; WHO; 28/02/2020 [citado 25/08/2020]. Disponible en:

<https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/who-china-joint-mission-on-covid-19-final-report.pdf>

11. Edwards AL. The Correlation Coefficient. En: An Introduction to Linear Regression and Correlation. San Francisco, CA: W. H. Freeman; 1976.p. 33-46,

12. Martín Andrés A, Luna del Castillo JD. Bioestadística para las ciencias de la salud. 4ª ed. Madrid: ORMA; 1993.

13. Umakanthan S, Sahu P, Ranade AV, Bukelo MM, Rao JS, Abrahao Machado LF, *et al.* Origin, transmission, diagnosis and management of coronavirus disease 2019 (COVID-19). Postgrad Med J. 2020[citado 25/04/2021];96(1142):753-758.Disponible en:

<https://pmj.bmj.com/content/96/1142/753.abstract>

14. Wang J, Tang K, Feng K, Lin X, Lv W, Chen K, *et al.* Impact of Temperature and Relative Humidity on the Transmission of COVID-19: A Modeling Study in China and the United States. BMJ Open. 2020[citado 25/10/2020];11(2):043863. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3551767>

15. Lipsitch M. Seasonality of SARS-CoV-2: Will COVID-19 go away on its own in warmer weather? Boston: Center for Communicable Disease Dynamics; sin fecha de publicación [citado 25/03/2020]. Disponible en: <https://cdd.hsph.harvard.edu/will-covid-19-go-away-on-its-own-in-warmer-weather>

16. Gustin KM, Belser JA, Veguilla V, Zeng H, Katz JM, Tumpey TM, *et al.* Environmental Conditions Affect Exhalation of H3N2 Seasonal and Variant Influenza Viruses and Respiratory Droplet Transmission in Ferrets. PLoS One. 2015[citado 15/08/2020];10(5):0125874.Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4430532>

17. Marr LC, Tang JW, Van Mullekom J, Lakdawala SS. Mechanistic insights into the effect of humidity on airborne influenza virus survival, transmission and incidence. *J R Soc Interface*. 2019[citado 28/05/2021];16(150):20180298.Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6364647/>
18. Belser JA, Katz JM, Tumpey TM. The ferret as a model organism to study influenza A virus infection. *Dis Model Mech*. 2011[citado 25/05/2020];4(5).Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3180220/>
19. Van Hoeven N, Belser JA, Szretter KJ, Zeng H, Staeheli P, Swayne DE, *et al*. Pathogenesis of 1918 pandemic and H5N1 influenza virus infections in a guinea pig model: antiviral potential of exogenous alpha interferon to reduce virus shedding. *J Virol*. 2009[citado 25/07/2020];83(7):2851-2861.Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2655560/>
20. Noti JD, Blachere FM, McMillen CM, Lindsley WG, Kashon ML, Slaughter DR, *et al*. High Humidity Leads to Loss of Infectious Influenza Virus from Simulated Coughs. *PLoS One*. 2013[citado 12/02/2020]; 8(2): 57485. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3583861/>
21. Karim YG, Ijaz MK, Sattar SA, Johnson-Lussenburg CM. Effect of relative humidity on the airborne survival of rhinovirus-14. *Can J Microbiol*. 1985[citado 28/05/2020];31(11):1058-1061.Disponible en: <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/m85-199?journalCode=cjm>
22. Lowen AC, Mubareka S, Steel J, Palese P. Influenza virus transmission is dependent on relative humidity and temperature. *PLOS Pathog*. 2007[citado 15/08/2020]; 3(10):1470-1476. https://www.uruorich.jp/common/pdf/influ_english.pdf

23. Williams R, Rankin N, Smith T, Galler D, Seakins P. Relationship between the humidity and temperature of inspired gas and the function of the airway mucosa. *Crit Care Med*.

1996[citado 25/08/2020];24(11):1920-1929.Disponible en:

https://journals.lww.com/ccmjournal/Abstract/1996/11000/Relationship_between_the_humidity_and_temperature.25.aspx

24. Sajadi MM, Habibzadeh P, Vintzileos A, Shokouhi S, Miralles Wilhelm F, Amoroso A. Temperature, Humidity and Latitude Analysis to Predict Potential Spread and Seasonality for COVID-19. *JAMA Netw Open*. 2020[citado 25/05/2020];3(6).Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7290414/>

25. Sangkham S, Thongtip S, Vongruang P. Influence of air pollution and meteorological factors on the spread of COVID-19 in the Bangkok Metropolitan Region and Air Quality during the Outbreak. *Environ Res*. 2021[citado 25/07/2020];197:111104.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935121003984?via%3Dihub>

26. Chan KH, Malik 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[citado 15/08/2020];2011:734690.Disponible en:

<https://www.hindawi.com/journals/av/2011/734690/>

27. Leo Lorenzo JS, Wai SanTamb W, Jie Seowac W. Association between air quality, meteorological factors and COVID-19 infection case numbers. *Environmental Res*. 2021[citado 25/08/2020]; 197.Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7968307/>

28. Feng Y, Marchal T, Sperry T, Yi H. Influence of wind and relative humidity on the social distancing effectiveness to prevent COVID-19 airborne transmission: A numerical study. *J Aerosol Sci*. 2020[citado 02/09/2020];147:105585.Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021850220300744>

Limitación de responsabilidad

Todos los puntos de vistas expresados en este artículo son de la entera responsabilidad de los autores.

Agradecimientos

Agradecemos a todos los colegas que han cooperado de una u otra forma en la elaboración de esta investigación y en particular a la Dra. María Fernanda Vinuesa por sus orientaciones metodológicas.

Financiamiento

Autofinanciado.

Conflictos de intereses.

Los autores no refieren conflicto de intereses.

Contribución de autoría

Conceptualización: Alexander Expósito Lara.

Curación de datos: Larisa Durán Gil.

Análisis formal: Alexander Expósito Lara.

Investigación: Berlis Gómez Leyva.

Metodología: María Teresa Díaz Armas.

Administración del proyecto: Alexander Expósito Lara.

Supervisión: Alexander Expósito Lara.

Validación: Larisa Durán Gil.

Visualización: Larisa Durán Gil.

Redacción: Alexander Expósito Lara.

Redacción – revisión y edición: Berlis Gómez Leyva, María Teresa Díaz Armas, Larisa Durán Gil.



Esta obra está bajo [una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)