

Temperatura ambiental y su asociación con COVID-19. Un estudio en una muestra estadounidense

Environmental temperature and its association with COVID-19. A study in an American sample

Manuel Adrián Domínguez Couturier
Universidad de Guadalajara, México
manuel.dcouturier@alumnos.udg.mx

Axel Manuel Navarro Hernández
Universidad Veracruzana, México
axel_m.navarro@hotmail.com

Carlos Gauna Ruíz de León
Universidad de Guadalajara, México
carlosg@cuc.udg.mx

Resumen

La pandemia del SARS-CoV-2 ha impuesto retos considerables a los sistemas internacionales de salud. Algunos países han tomado acciones preventivas como recurso medular para evitar la sobrecarga del personal médico. En México, estas medidas se centran en aspectos como el distanciamiento físico y la protección de la población vulnerable. A la fecha, no existe información suficiente sobre los efectos del ambiente en el desarrollo del COVID-19 por lo que éste estudio tiene como objetivo identificar la asociación entre la temperatura ambiental y la mortalidad de este padecimiento. Se estudió una muestra proveniente de Estados Unidos con un total de 96 condados, seleccionados mediante un muestreo aleatorio simple. Se utilizó esta muestra por la facilidad para establecer los casos de contagio y defunción. También se obtuvieron registros ambientales de cinco variables (temperatura promedio, mínima, máxima, longitud y latitud), las cuales fueron asociadas con la morbi-mortalidad de este padecimiento. Los resultados muestran una asociación existente pero débil entre la temperatura y el porcentaje de defunciones, así como diferencias estadísticamente significativas entre los condados con menores y mayores temperaturas. Es

imperativo comprender la influencia de las variables ambientales, pero también las político-sociales para lograr establecer estrategias eficientes ante esta pandemia.

Palabras clave: COVID-19, temperatura ambiental, mortalidad.

Abstract

The challenges to the international health systems posed by the SARS-CoV-2 pandemic are evident. Some countries have taken preventive actions as the key resource to avoid overloading medical capacity. In Mexico, these measures focus on aspects such as physical distancing and protection of the most vulnerable population. There is not yet enough information on the effects of the environment on the development of COVID-19, so this study aims to identify the association between environmental temperature and mortality from this condition. A sample from the United States with a total of 96 counties, selected by simple random sampling. The sample was selected for the ease of establishing cases of infection and death. Environmental records of five variables were also obtained (average, minimum, maximum temperatures, longitude and latitude), which were associated with the morbidity and mortality of this disease. The results show an existing but weak association between temperature and death rate, as well as statistically significant differences between counties with lower and higher temperatures. It is imperative to understand the influence of environmental variables, but also political-social ones, in order to establish efficient strategies in the face of this pandemic.

Key words: COVID-19, environmental temperature, mortality.

Fecha Recepción: Noviembre 2019

Fecha Aceptación: Junio 2020

Introducción

El presente es un estudio previo, toda vez que los datos son muy actuales. Su objetivo es analizar la correlación entre la temperatura y la mortalidad provocada por la pandemia del COVID-19 en 96 condados de los Estados Unidos. Para formar la muestra, se consideraron 25 estados con al menos 1 caso de contagio. Todas las localidades o condados tenían al menos 300,000 habitantes, Naciones Unidas define a localidad como: “El grupo de población distinto en el que los habitantes viven en conjuntos de barrios vecinos y que pertenecen a un nombre reconocido localmente” (Naciones Unidas, 2014, p. 28). El organismo internacional también sugiere que, al compilar estadísticas vitales, la base para la tabulación geográfica sea

el lugar de ocurrencia, es decir, la localidad o la división civil principal donde haya ocurrido un evento (en este caso el contagio y muerte por COVID-19).

Tabla 1. Rango poblacional de Localidades o Condados

menor a 200	2000 a 4,999	50,000 a 99,999
200 a 499	5000 a 9,999	100,000 a 499,999
500 a 999	10,000 a 19,999	500,000 o más
1,000 a 1,999	20,000 a 49,999	

Fuente: United Nations Statistics Division (2020)

El estudio forma parte del grupo de trabajos que a nivel mundial comienzan a aportar información sobre la posibilidad de que el ambiente afecte el comportamiento del virus. Una de las primeras investigaciones que examinó la variabilidad a nivel de provincias en China del contagio del COVID-19 y su vínculo con los cambios de clima (tanto el aumento de la temperatura como la humedad) determinó que la humedad y la temperatura estuvieron asociadas con el crecimiento exponencial local de COVID-19 en todas las provincias de China y otros países afectados (Wei, Maimuna, Diambo, et al., 2020). Otro estudio en Indonesia también confirmó que el promedio de la temperatura se correlaciona significativamente con la incidencia del COVID-19; de cinco variables climáticas, solo temperatura promedio ($^{\circ}$ C) se correlacionó significativamente con COVID-19. Caso contrario con la temperatura mínima, temperatura máxima, la humedad y la lluvia, que no presentaron valores estadísticamente significativos (Ramadhan, Joko, Devi, et al., 2020).

Estudios previos con virus que afectan las vías respiratorias como el conocido rinovirus humano (resfriado común), comprobaron su mayor replicación en temperaturas frías de la cavidad nasal ($33\text{--}35^{\circ}$ C) que a la temperatura corporal central normal (37° C), reportando que la cavidad nasal se enfría mayoritariamente por la inhalación de aire ambiental (Foxman, Storer, Fitzgerald, et al. 2020). Se requiere indagar si la temperatura exterior pueda estar limitando en mayor o menor grado la replicación viral en las células de las vías respiratorias como sucede con el rinovirus humano.

Por otra parte, en estudios como el de Hasraddin (2020) en el que se examinaron las provincias chinas con la mayor tasa de casos confirmados por COVID-19 no se encontró relación de la incidencia de casos con la ubicación geográfica. Por ejemplo, Hubei, ubicado en el centro de China, tuvo la mayor concentración de la tasa de casos confirmados (10.714

casos por cada 100,000 personas), mientras que las demás provincias pueden tener tasas altas o bajas sin obedecer una lógica geográfica. A pesar que en China Hasraddin reporta tales hallazgos, al observar el comportamiento a escala planetaria, el fenómeno parece que se contradice. Al examinar el reporte del primer contagio en varios países, llaman la atención los casos de Italia, Filipinas y la India, estos países reportaron el inicio de la pandemia el mismo día (30 de enero 2020) pero en Italia, a diferencia de los otros, la afectación en su población termina siendo más marcada en el mismo período (Reuters, 2020; India Today, 2020; & CNN, 2020).

Lo anterior pudiera ser explicado por la capacidad de prepararse ante la epidemia de cada zona a pesar de la temperatura. Como se ha descrito, en el caso de Beijing donde se observó que la tasa de recuperación de infectados fue significativamente mayor que el nivel promedio nacional. Entre las 10 principales provincias y ciudades con casos acumulados confirmados de casos de COVID-19, Beijing tuvo éxito en la prevención y el control de la infección por COVID-19 y se benefició del liderazgo y la experiencia generada durante el SARS en 2003. China logró enfrentar el reto de la actual coyuntura reduciendo la tasa de mortalidad del presente virus versus el SARS ya que COVID-19 está terminando en China con un 2.4% de letalidad, mientras que la de SARS rondó en un 10% (Tian, Hu, Lou., et al.,2020).

Otro estudio que sugiere la influencia del ambiente se llevó acabo con el MERS-CoV que apareció en 2012 en Arabia Saudita y se extendió también hacia otros países con una tasa de mortalidad del 37%. Ambos padecimientos (2019-nCoV y MERS-CoV) afectan el tracto respiratorio superior e inferior causando una neumonía viral inusual. Son similares también porque el 2019-nCoV proviene de un ambiente frío y de baja humedad; por su parte, Wuhan (donde apareció por primera vez el virus), experimentó el peor año de sequía de los últimos 40 años, durante el primer mes de invierno. Por lo tanto, es posible exponer la relación entre el origen de estos virus y la condición cambiante del clima ya que, durante el invierno, la baja humedad y las bajas temperaturas, actúan como estresores del sistema inmune (Saghazedh y Razaei, 2020).

La vinculación de los factores meteorológicos con el aumento del riesgo de infección en humanos ha sido también hallada en otros casos como el síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS-CoV). Con metodologías similares a la del presente estudio, Gardner et al. utilizaron datos de estaciones meteorológicas cercanas a las ciudades más grandes de cada provincia saudí para calcular la temperatura media diaria, mínima y máxima, la humedad relativa, la velocidad del viento (m / s) y la visibilidad para estudiar su relación con los

contagios del MERS-CoV. Los resultados sugirieron que los primeros contagios en Arabia Saudita tuvieron más probabilidades de ocurrir cuando las condiciones eran relativamente frías y secas. Los resultados fueron similares a los patrones estacionales descritos para otras enfermedades respiratorias en climas templados (Gardner, Zvonimir, Van Kerkhove, et al. 2019).

Estos estudios, se han desarrollado principalmente en el continente asiático, por lo que se requiere profundizar el estudio del fenómeno en otras regiones como en el continente americano. En el caso de Estados Unidos, se eligió este país porque se encontraron datos actualizados por día, en regiones similares a condados o municipios donde se pudo analizar la temperatura con un grado de exactitud suficientemente aceptable. Adicionalmente, este país es una de las naciones más pobladas, y con climas más variados para el análisis. Es así como surge la pregunta de investigación: ¿Hay alguna asociación entre la temperatura y el comportamiento del COVID-19 en los Estados Unidos de América?

Objetivos

General: analizar la asociación entre la temperatura ambiental y la mortalidad del COVID-19 en 96 condados de los Estados Unidos.

Particulares:

1. Describir los datos de morbi-mortalidad por COVID-19 en Estados Unidos en cuatro cuadrantes específicos.
2. Identificar las posibles asociaciones entre temperatura y mortalidad por COVID-19.
3. Analizar si existen diferencias en los casos de mortalidad por temperatura baja, media y alta.

Metodología

Muestra

Se seleccionó un total de 96 localidades Estados Unidos con al menos 1 caso de infección por coronavirus, provenientes de 25 Estados de ese país mediante un muestreo aleatorio simple para ser analizados respecto a su temperatura promedio, temperatura mínima, temperatura máxima, longitud y latitud. Para los datos sobre contagio y mortalidad por COVID-19 se emplearon los registros del John Hopkins Coronavirus Resource Center (2020) recolectadas el 8 de abril 2020 entre las 11:00 y las 20:00, los cuales se actualizan

cada minuto para obtener las muestras de las 96 localidades que fueron filtradas de la base total de localidades, previo análisis estadístico se observó como criterio de 300,000 o más habitantes que los datos se distribuían de manera normal.

Variables

Dos grupos de variables fueron analizadas: aquellas relacionadas con las características medio-ambientales de la zona de registro, y los índices de contagio por COVID-19. Sobre el primer aspecto se incluyeron cinco variables: temperatura promedio, temperatura mínima, temperatura máxima, longitud y latitud.

Para el grupo de variables sobre COVID-19 se tomaron en cuenta el número de contagios positivos (Pos), así como el número de defunciones (Mu). Con estas variables, se obtuvo el porcentaje de contagios positivos per cápita (pPpc) y porcentaje de muertes per cápita (mPpc) con la siguiente fórmula:

Figura 1. *Fórmula para la obtención de porcentaje de contagios positivos y muertes per cápita.*

$$Ppc = \frac{fr}{N} * 100$$

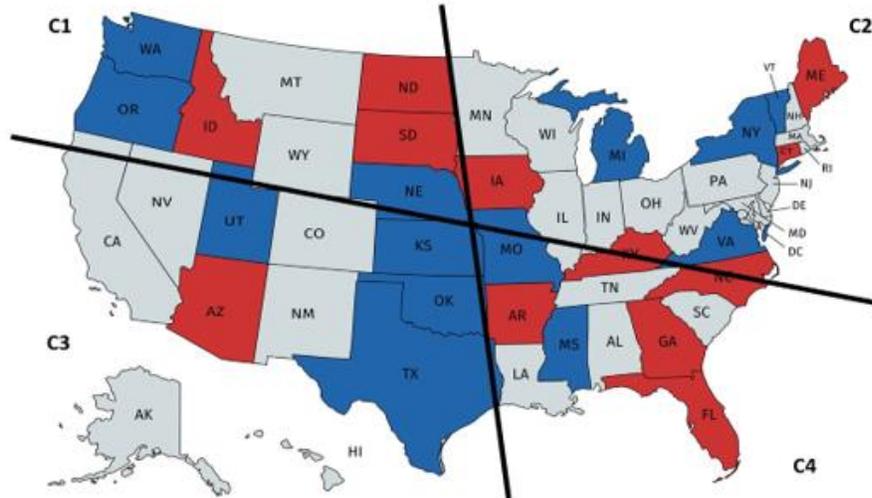
Fuente: Elaboración propia con WHO (2020).

Donde Ppc es el Porcentaje per cápita, fr es la frecuencia obtenida de los registros del John Hopkins Coronavirus Resource Center y N es el número total de la población por cada condado.

Procedimiento

Los cincuenta Estados fueron divididos en cuatro secciones (Ver figura 2): C1 (Noroeste): Washington, Oregon, Idaho, North Dakota, South Dakota y Nebraska; C2 (Noreste): Iowa, Michigan, New York, Vermont, Maine, Connecticut, Virginia y Kentucky; C3 (Suroeste): Utah, Arizona, Kansas, Oklahoma y Texas; y C4 (Sureste): Missouri, Arkansas, Mississippi, North Carolina, Georgia y Florida. Estos Estados fueron divididos a cada investigador.

Figura 2. Distribución de los Estados por cada cuadrante



Nota. Elaborado a partir Mapchart (2020).

Posteriormente se registraron los casos por COVID-19 teniendo en cuenta aquellas localidades que tuvieran un total de 300'000 habitantes de acuerdo con el mismo John Hopkins Coronavirus Resource Center. Para el caso de las temperaturas, se registraron los valores manualmente de los catorce días previos (entre el 24 de marzo y 6 de abril de 2020) de cada condado para establecer promedios (temperatura promedio, máxima y mínima) a partir de la cadena estadounidense del tiempo (The Weather Channel, 2020). La longitud y latitud de cada condado se obtuvo igualmente manualmente de la página del sitio estadounidense de la enciclopedia libre (Wikipedia, 2020). Los datos fueron analizados mediante el programa estadístico SPSS ® V 22.

Resultados

De los 25 Estados, únicamente 19 presentaron al menos un condado con más de 300'000 habitantes (ver tabla 2) con al menos un contagio. Al analizar la distribución por cuadrante, se observa que el cuadrante 2 (Noreste), tuvo la mayor población ($M = 1'223'726.00$, $DS = 1785885.60$). El cual también presenta el mayor número de porcentaje de letalidad ($M = 3.27$, $DS = 1.45$). De igual manera, los Estados con mayor temperatura fueron el cuadrante 4 (sureste) y 3 (suroeste).

Al realizar el análisis de correlación, se obtiene también que existen asociaciones débiles entre los niveles de letalidad y el porcentaje de muerte per cápita con la temperatura (promedio, mínima y máxima) en las ciudades estudiadas. Así mismo, se puede observar que la longitud (Coordenada 1) se asocia en el número de muertes, el porcentaje per cápita de casos positivos y el porcentaje de muerte per cápita; mientras que la latitud (Coordenada 2) se asocia únicamente con el porcentaje per cápita de casos positivos (ver tabla 3).

Con la intención de poder establecer los efectos de la temperatura ambiental en la morbi-mortalidad de los casos por COVID-19, se categorizaron en tres niveles cada una de las variables de temperatura ambiental (baja, media y alta). Esta clasificación se estableció a partir de los estadísticos descriptivos de cada una, tomando como referencia el rango intercuartilar como nivel medio, mientras que aquellos valores por debajo o por encima se establecían como bajos y altos, respectivamente.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos por cuadrante y Estado (continúa).

	Población M(DS)	Casos		Porcentaje Per cápita			Temperatura		
		Positivos M(DS)	Muertes M(DS)	Positivos (Ppc) M(DS)	Muerte (Ppc) M(DS)	Letalidad M(DS)	Promedio M(DS)	Máxima M(DS)	Mínima M(DS)
1	743'813.37 (433976.81)	638.50 (820.05561)	14.12 (14.48160)	.07 (.04843)	.0019 (.00174)	2.92 (1.61632)	9.99 (4.48967)	14.52 (5.61299)	5.42 (3.57687)
Idaho	456'849.00	419.00	3.00	.09	.0007	.72	6.50	11.20	1.70
Nebraska	561'620.00	159.00	4.00	.03	.0007	2.52	9.50	15.75	3.20
Oregon	537'617.50	203.25	5.25	.04	.0011	2.73	7.77	11.42	4.10
Washington	969'638.40	1208.20	23.00	.10	.0029	3.58	6.84	10.08	3.58
2	1'223'726.00 (1785885.60)	7988.17 (16879.84018)	291.22 (805.68521)	.49 (.54587)	.0129 (.01288)	3.27 (1.45591)	7.36 (.90822)	11.69 (1.13214)	3.03 (1.03572)
Connecticut	895'388.00	882.00	31.00	.10	.0035	3.51	7.50	11.90	3.20
Iowa	481'830.00	88.50	3.50	.02	.0007	4.48	8.50	14.10	2.85
Michigan	883'330.17	2517.00	112.00	.22	.0093	3.92	6.73	11.23	2.27
New York	1'652'004.33	14180.67	503.56	.82	.0188	2.54	7.51	11.44	3.56

Tabla 2 (continuación).

	Población M(DS)	Casos		Porcentaje Per cápita			Temperatura		
		Positivos M(DS)	Muertes M(DS)	Positivos (Ppc) M(DS)	Muerte (Ppc) M(DS)	Letalidad M(DS)	Promedio M(DS)	Máxima M(DS)	Mínima M(DS)
3	1'015'994.39	369.79	6.03	.04	.0006	1.56	16.07	21.48	10.64
	(1042826.94)	(400.93810)	(7.40559)	(.01758)	(.00048)	(1.34378)	(4.72273)	(4.70838)	(5.07074)
Arizona	1'920'079.00	651.33	14.67	.03	.0007	1.76	17.00	25.10	8.90
Kansas	552'432.50	168.50	5.00	.03	.0009	2.52	11.40	16.90	5.90
Oklahoma	717'112.00	264.00	9.50	.04	.0013	3.57	15.45	21.05	9.90
Texas	1'150'905.12	391.65	6.35	.03	.0005	1.66	19.48	24.46	14.44
Utah	696'687.33	384.67	3.67	.05	.0005	1.03	7.03	11.50	2.57
Virginia	595'506.67	262.00	1.17	.05	.0002	.42	12.21	17.90	6.58
4	763'925.21	559.69	9.31	.05	.0011	1.96	20.44	25.58	15.28
	(567815.05)	(965.47010)	(13.39270)	(.03888)	(.00088)	(1.29090)	(4.06091)	(3.78362)	(4.58406)
Arkansas	393'956.00	171.00	2.00	.04	.0005	1.17	16.20	21.70	10.70
Florida	833'237.85	645.90	11.15	.05	.0011	2.11	22.98	27.88	18.07
Georgia	830'565.75	656.25	19.75	.08	.0025	3.02	17.25	23.37	11.10
Missouri	570'099.67	570.00	10.33	.10	.0021	2.19	12.57	18.03	7.03
North Carolina	676'963.80	286.40	2.80	.04	.0004	1.39	15.84	21.68	9.98
Total	933'434.67 (1046408.27)	1900.38 (7750.81515)	61.84 (358.52676)	.13 (.28981)	.0032 (.00721)	2.23 (1.53482)	14.74 (6.35189)	19.73 (6.72498)	9.74 (6.19648)

Fuente: Elaboración propia con base en el análisis estadístico.

Nota. Se muestran las medias para cada variable por Estado. La desviación estándar únicamente aparece en los cuadrantes y total.

Tabla 3. Correlaciones bivariadas

	C1	C2	Pos	Mu	pPpc	mPpc	lPpc	Tme	tMa	tMi
Coord. 1	--									
Coord. 2	.128	--								
Positivos	.220	-.233	--							
Muertes	.280*	-.128	.831**	--						
Positivos Ppc	.316*	-.321*	.813**	.681**	--					
Muertes Ppc	.362**	-.184	.621**	.883**	.713**	--				
Letalidad Ppc	.263	.053	.118	.586**	.119	.707**	--			
Temperatura promedio	-.946**	-.105	-.230	-.267*	-.345*	-.358**	-.237	--		
Temperatura máxima	-.943**	-.110	-.271*	-.296*	-.383**	-.374**	-.208	.976**	--	
Temperatura mínima	-.925**	-.099	-.185	-.235	-.290*	-.330*	-.249*	.978**	.926**	--

Fuente: Elaboración propia con base en el análisis estadístico.

Cuando las ciudades presentan una temperatura-promedio baja (por debajo de 8.62 °C) por catorce días consecutivos, los índices de letalidad son mayores (M = 2.90, DS = 1.69) que cuando sus temperaturas-promedio son medias (M = 1.93, DS = 1.37) o altas (M = 1.97, DS = 1.44). Este fenómeno se puede observar incluso al analizar las muertes per cápita (ver tabla 3).

Tabla 4. Comparaciones de medias de porcentaje de muerte per cápita y letalidad por temperatura (continúa)

Temperatura	Subgrupo ¹	Muerte Ppc M(DS)	Diferencia M(DS)	Letalidad M(DS)	Diferencia M(DS)
Promedio	Baja-media	.0061(.0078) - .0023(.0076)	.0037(.0018)*	2.9068(1.6919) - 1.9382(1.3759)	.9685(.3515)* *
	Media-alta	.0023(.0076) - .0011(.0009)	.0012(.0019)	1.9382(1.3759) - 1.9724(1.4480)	.3412(.3903)
	Baja-alta	.0061(.0078) - .0011(.0009)	.0050(.0015)* *	2.9068(1.6919) - 1.9724(1.4480)	.9344(.4936)
Máxima	Baja-alta	.0055(.0068)- .0010(.0008)	.0044(.0013)* *	2.8146(1.6571)- 2.0323(1.2566)	.7823(.4310)
Mínima	Baja-media	.0049(.0052)- .0035(.0089)	.0014(.0020)	2.9425(1.5515)- 2.1112(1.5093)	.8313(.3795)*
	Media-alta	.0035(.0089)- .0010(.0009)	.0025(.0013)	2.1112(1.5093)- 1.7261(1.3546)	.3851(.3696)
	Baja-alta	.0049(.0052)- .0010(.0009)	.0039(.0013)* *	2.9425(1.5515)- 1.7261(1.3546)	1.2164(.4256)* *

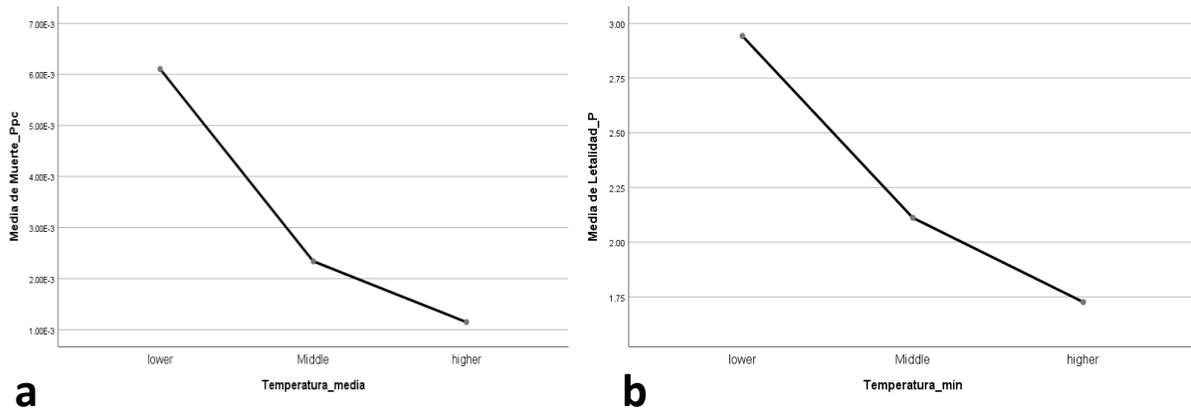
Fuente: Elaboración propia con base en el análisis estadístico.

¹ Se realizan comparaciones únicamente con grupos que prueban el supuesto de normalidad.

* p < 0.05, ** p < 0.01.

La temperatura-mínima parece ser un factor de mayor interés como predictor de la letalidad, mientras que la temperatura-promedio lo sería para el porcentaje de muertes per cápita. Ambos presentan solamente dos grupos de contraste: valores muy bajos y normales-altos (ver figuras 3). Sin embargo, es necesario aclarar que en este trabajo no se presentan efectos principales por temperatura.

Figura 3. Comparación de medias de porcentaje de muertes per cápita y letalidad por temperatura promedio y mínima.



Fuente: Elaboración propia con base en el análisis estadístico.

Nota. En el gráfico a se muestran el porcentaje de muertes per cápita y su asociación con la temperatura-promedio. El gráfico b señala el porcentaje de letalidad en función de la temperatura mínima.

Discusión

Las instituciones de salud pública a nivel internacional, requieren informar con el mayor nivel de segmentación posible las zonas de infección (similar al proceso que se lleva a cabo en Estados Unidos por condado en tiempo real), para comparar los efectos ambientales entre distintos países. Con ello se podrán determinar los efectos sociales y medioambientales influyentes en la pandemia para así establecer medidas de atención más eficaces para futuros brotes. Estudios como éste, podrán ser más robustos en la medida que haya mayor información de acceso público y se espera que el estudio pueda replicarse en otros países cuando se cuente con la suficiente información estadística tanto de contagios, como de casos fatales por COVID-19 localizados por zona geográfica con la mayor segmentación posible, así como de las condiciones meteorológicas de dichas zonas para poder estudiar el vínculo y poder preparar mejor a las poblaciones más vulnerables en el futuro.

De acuerdo con las estimaciones, más de cinco millones de personas abandonaron la ciudad de Wuhan antes del cierre, lo que llevó a una rápida propagación de COVID-19 más allá de esta provincia (Luo, 2020). En Japón, se confirmaron ciudadanos contagiados con COVID-19 provenientes de China después de haber dado negativo en las primeras pruebas y

haber pasado los 14 días de cuarentena reglamentaria, lo cual genera preguntas sobre la cantidad de personas contagiadas posiblemente no contabilizadas. De igual manera, el número de personas que dieron positivo para COVID-19 en el crucero Diamond Princess aumentó a pesar de los 12 días de aislamiento de sus pasajeros, (Bwire y Paulo, 2020).

Por el momento, la limitación del contacto entre personas se encuentra estrechamente relacionada con las políticas de mitigación (Anderson, Heesterbeek y Klinkenberg, 2020). Sin embargo, hay otras medidas que requieren atención, tal es el caso de la disponibilidad y accesibilidad de los recursos de atención médica. Por ejemplo, en China, a pesar de la gran cantidad de casos, existen provincias con bajas tasas de mortalidad (las provincias costeras del sudeste como Zhejiang y Guangdong presentan únicamente entre 0 y 4 muertes de los 1171 y 1322 casos confirmados respectivamente). Estas frecuencias podrían deberse a que el gobierno chino libró los obstáculos logísticos asociados con los suministros médicos en el epicentro del brote y se esforzó por acelerar las entregas, movilizar en el país las fuerzas médicas, así como construir rápidamente nuevas instalaciones médicas locales, las cuales tuvieron un efecto positivo en el control de la pandemia (Yunpeng, Zhongren y Maikel, 2020).

En el análisis debe también tomarse el caso de países densamente poblados y con escasa capacidad médica como Nigeria e India, los cuales tuvieron una afectación moderada en comparación a otras naciones menos pobladas y con mejor capacidad médica. En estos países, los esfuerzos de prevención se limitaron a controlar a los viajeros internacionales en sus aeropuertos, al mismo tiempo que se promovía el lavado de manos y la higiene entre la población en general. Para el caso nigeriano, el país dependió totalmente del aislamiento, limitando la exposición externa a sus ciudadanos, pero permitiéndoles sus actividades cotidianas, evidencia de esto, es que uno de los más grandes santuarios religiosos del mundo, situado en este país, con capacidad para 100,000 personas, no cerró aun cuando ya se había reportado el primer caso de COVID-19 en el país (Adepoju, 2020). En la India, a pesar de contar únicamente con 1.3 camas de hospital por cada 1000 personas (en comparación con la recomendación de la OMS de 3.5), no se actuó con la misma rapidez de otros países al presentarse los primeros contagios a pesar que se terminaron tomando medidas tales como cancelar todas las visas al país, poner en cuarentena a los sospechosos y cerrar los lugares públicos, (Hopkins, Hayasaki y Zastrow, 2020). Como en muchos casos epidemiológicos, la

letalidad por COVID-19 podría verse influida por otras variables además de la temperatura, como las medidas de emergencia y prevención sanitarias (Reuters, 2020; India Today, 2020; y CNN, 2020), condiciones socioeconómicas, así como otros elementos geográficos que deberán ser tomados en cuenta en futuras investigaciones.

Este trabajo se une al extenso registro que analiza los efectos de las variables ambientales sobre la incidencia de mortalidad por COVID-19, en particular al utilizar datos provenientes de Estados Unidos. Aún queda mucho por descubrir sobre los efectos de las estaciones y la temperatura en la propagación y letalidad del COVID-19 y tendrán que lograr superarse limitantes como las encontradas en el presente estudio como la obtención de una muestra mayormente segmentada y focalizada que el condado que fue la mínima área de extensión geográfica disponible en las bases de datos como lo hubiera podido ser la cabecera del condado para poder vincular los contagios y casos fatales con la temperatura de una zona más focalizada que el condado y que presente menor variabilidad de temperatura. La temperatura-mínima es el factor de mayor interés encontrado como predictor de la letalidad del COVID-19, mientras que la temperatura-promedio lo sería para el porcentaje de muertes per cápita, estos resultados requieren incorporarse a las medidas de protección emitidas por las autoridades sanitarias, diversificando las estrategias en función del contexto ambiental de cada zona, con lo cual se puedan definir las mejores soluciones para combatir la pandemia.

El presente estudio da pauta a que futuras investigaciones analicen si el vínculo entre factores climáticos y las tasas de contagio y letalidad de virus que afectan el sistema respiratorio obedecen a una influencia exclusivamente bioquímica del ambiente en el cuerpo humano u obedece a una influencia del ambiente en el comportamiento social que incide en que las tasas de contagio y letalidad sean mayores pues es aquí donde pudiera estar verdaderamente la clave de las estrategias de prevención en el futuro.

Conclusiones

El presente estudio se realizó mediante la extracción de datos por medio del Johnson Hopkins Coronavirus Resource Center, con la finalidad de encontrar asociaciones entre la temperatura ambiental con los índices de contagio por COVID-19. Se registraron los valores de catorce días previos de 19 Estados con más de 300'000 habitantes. Los resultados demuestran asociaciones débiles entre los niveles de letalidad (considerando el número real y per cápita de contagio positivos, además de número de defunciones) con la temperatura ambiental y otras variables ambientales como las coordenadas (longitud y altitud).

En general, cuando las temperaturas son bajas de manera constante, existen mayores índices de letalidad que en las temperaturas medias. Un factor predictor en el porcentaje de muertes per cápita parece encontrarse en el rango de la temperatura mínima. Aunque en esta investigación no se encontraron efectos principales de la temperatura en estos índices de morbi-mortalidad.

Referencias

- Adepoju, P. (2020). Nigeria responds to COVID-19; first case detected in sub-Saharan Africa. *Nature Medicine*. Recuperado de : <https://www.nature.com/articles/d41591-020-00004-2>
- Anderson, R., Heesterbeek, H., Klinkenberg, D., et al. (2020). How will country-based mitigation measures influence the course of the COVID-19 epidemic?. *The Lancet*. Recuperado de : [https://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736\(20\)30567-5.pdf](https://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736(20)30567-5.pdf)
- Bwire, G., Paulo, L. (2020). Coronavirus disease-2019: is fever an adequate screening for the returning travelers?. *Tropical Medicine and Health*. Recuperado de: <https://tropmedhealth.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s41182-020-00201-2>
- CNN (2020). Philippines confirms first case of novel coronavirus. Recuperado de : <https://cnnphilippines.com/news/2020/1/30/Philippines-coronavirus-case.html>
- Foxman, E., Storer, J., Fitzgerald, M. et al., (2020). Temperature-dependent innate defense against the common cold virus limits viral replication at warm temperature in mouse

- airway cells. PNAS. Recuperado de:
<https://www.pnas.org/content/pnas/early/2015/01/02/1411030112.full.pdf>
- Gardner, E., Kelton, D. Poljak, Z. et al. (2020). A case-crossover analysis of the impact of weather on primary cases of Middle East respiratory syndrome. BMC Infectious Diseases 2020. Recuperado de:
<https://bmcinfectdis.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12879-019-3729-5>
- Hasraddin, G (2020). Determining the spatial effects of COVID-19 using the spatial panel data Model. Spatial Statistics. Recuperado de:
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3550308
- Hopkins, J., Hayasaki, E., Zastrow, M., et al. (2020). how doctors and healthcare systems are tackling coronavirus worldwide. The BMJ. Recuperado de:
<https://www.bmj.com/content/bmj/368/bmj.m1090.full.pdf>
- India Today (2020). Kerala reports first confirmed coronavirus case in India. Recuperado de :
<https://www.indiatoday.in/india/story/kerala-reports-first-confirmed-novel-coronavirus-case-in-india-1641593-2020-01-30>
- John Hopkins University (2020). Coronavirus Resource center. COVID19 Dashboard. Recuperado de: <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>
- Ramadhan, T., Joko, G., Devi, S., et al., (2020) Correlation between weather and Covid-19 pandemic in Jakarta, Indonesia. Science Direct. Recuperado de:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720319495>
- Reuters (2020). Two first coronavirus cases confirmed in Italy - prime minister. Recuperado de : <https://news.trust.org/item/20200130210003-wm57y/>
- Saghazadeh, A., Rezaei , N. Immune-epidemiological parameters of the novel coronavirus – a perspective. Expert Review of Clinical Immunology. Recuperado de :
<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/1744666X.2020.1750954?needAccess=true&>
- The Weather Channel (2020). Monthly weather. Recuperado de :
https://weather.com/#noloc_/weather/monthly/l/
- Tian, S., Hu, N., Lou, J., et al.,(2020). Characteristics of COVID-19 infection in Beijing . Journal of Infection. Recuperado de: <https://www.groupeveillecovid.fr/wp-content/uploads/2020/03/caracteres-epidemio-et-cliniques-COVID-Pekin-OK.pdf>

- United Nations Statistics Division (2020). Population density and urbanization. Recuperado de: <https://unstats.un.org/unsd/demographic/sconcerns/densurb/densurbmethods.htm>
- Wei, L., Maimuna S. M., Diambo, L., et al., (2020). The role of absolute humidity on transmission rates of the COVID-19 outbreak. Medrxiv. Recuperado de : <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.02.12.20022467v1>
- Wikipedia (2020). Condados de los Estados Unidos. Recuperado de : https://es.wikipedia.org/wiki/Condados_de_los_Estados_Unidos
- World Health Organization [WHO]. (4 de agosto de 2020). Estimación de la mortalidad de la COVID-19 [Nota científica]. De https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/333857/WHO-2019-nCoV-Sci_Brief-Mortality-2020.1-spa.pdf
- Yunpeng, J., Zhongren, M., Maikel, P., et al. (2020). Potential association between COVID-19 mortality and healthcare resource availability. The Lancet. Recuperado de : [https://www.thelancet.com/pdfs/journals/langlo/PIIS2214-109X\(20\)30068-1.pdf](https://www.thelancet.com/pdfs/journals/langlo/PIIS2214-109X(20)30068-1.pdf)