

# Comportamiento epidemiológico de la leptospirosis en México durante el periodo 2013-2019

## Epidemiologic behavior of leptospirosis in Mexico during the period 2013-2019

José E. Yescas-Benítez, Nallely Rivero-Perez, Hugo E. Montiel-Díaz, Benjamín Valladares-Carranza, Armando Peláez-Acero, Ana L. Morales-Ubaldo y Adrian Zaragoza-Bastida

Recibido 22 mayo 2020 / Enviado para modificación 2 junio 2020 / Aceptado 14 junio 2020

### RESUMEN

**Objetivo** Determinar el comportamiento temporal y espacial de la leptospirosis en México durante el periodo 2013-2019.

**Materiales y Métodos** Se utilizó la información depositada en los boletines epidemiológicos del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica de México. Para determinar el comportamiento espacial se construyeron canales endémicos y análisis de series de tiempo. Para determinar el comportamiento espacial, se utilizó el modelo estadístico espacial Scan.

**Resultados** Se determinó que los casos de leptospirosis en México se presentan todo el año; sin embargo, los picos endémicos se observaron en los meses de agosto, septiembre y octubre. Con respecto al comportamiento espacial, no se determinó ninguna agrupación estadísticamente; no obstante, los estados con la mayor prevalencia fueron: Sinaloa, con 146.7 casos por cada millón de habitantes, y Tabasco, con 142 casos por cada millón de habitantes.

**Discusión** La leptospirosis es una enfermedad influenciada por los hábitos y las costumbres de la población, al igual que por variables climatológicas que favorecen el contacto con el agente etiológico. Esto coincide con lo reportado por otros estudios que han determinado que la incidencia de leptospirosis aumenta durante la época de lluvia y que esta enfermedad se relaciona con actividades de recreación en zonas tropicales.

**Conclusiones** La leptospirosis es una enfermedad zoonótica emergente de gran importancia en México, que se presenta con mayor frecuencia en época de lluvias. Los estados de Sinaloa y Tabasco son los más afectados.

**Palabras Clave:** Leptospirosis; zoonosis; epidemiología; lluvia (*fuentes: DeCS, BIREME*).

### ABSTRACT

**Objective** To determine the temporal and spatial behavior of leptospirosis in Mexico during the period 2013-2019.

**Materials and Methods** It was used the information deposited in the epidemiological bulletins of National System of Epidemiological Surveillance of Mexico. To determine spatial behavior, endemic channels and time series analyzes were constructed. The spatial statistical model Scan was used to determine the spatial behavior.

**Results** It was determined that leptospirosis cases in Mexico occur throughout the year, however endemic peaks were observed during the months of August, September and October. Regarding to spatial behavior, it was not statistically determined any aggrupation, nevertheless the States with the highest prevalence were Sinaloa with 146.7 cases per million of habitants and Tabasco with 142 cases per million of habitants.

JY: MDV. Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia del Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México.  
rommel598@gmail.com

NR: MDV. M. Sc.; Ph. D. Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Profesora, Investigadora del Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia del Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México.  
nallely\_rivero@uah.edu.mx

HM: MDV. Jurisdicción Sanitaria. Hidalgo, México.  
zoonosis.JTG@gmail.com

BV: MDV. M. Sc. Ciencias mención Salud Animal. Ph. D. Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Profesor. Investigador de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México. México.  
benvac2004@yahoo.com.mx

AP: MDV. M. Sc.; Ph.D. Ganadería. Profesor. Investigador del Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia del Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México.  
pelaeza@uah.edu.mx

AM: MDV. Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia del Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México.  
ubaldolizet8@gmail.com

AZ: MDV. M. Sc. Mención Salud Animal. Ph.D. Ciencias de la Salud, Profesor e Investigador del Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia del Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México.  
adrian\_zaragoza@uah.edu.mx

**Discussion** Leptospirosis is a disease which is affected by habits and customs of the populations, as well as by climatological events, favoring the contact with the etiological agent, which coincides with that reported in other studies, in which it was determined that leptospirosis incidence increases during the rainy season, likewise, it was reported that this disease is related to recreational activities in tropical areas.

**Conclusions** To date leptospirosis is an important emerging zoonotic disease in Mexico, the disease occurs more frequently during rainy season, being Sinaloa and Tabasco the most affected States by this disease.

**Key Words:** Leptospirosis; zoonoses; epidemiology (source: MeSH, NLM).

La leptospirosis es una enfermedad antroponótica emergente de distribución mundial, que afecta principalmente a países en desarrollo con climas húmedos, subtropical y tropical. La Organización Mundial de la salud (OMS) la cataloga como una enfermedad tropical desatendida (1).

El agente etiológico de la enfermedad es *Leptospira* spp., una espiroqueta Gram negativa de la cual se han reportado por lo menos 22 especies y más de 300 serovariedades. De las 22 especies solo el 45% (10 de 22) son patógenas para humanos y animales (*Leptospira interrogans*, *L. kirschneri*, *L. borgpetersenii*, *L. mayottensis*, *L. santarosai*, *L. noguchii*, *L. weilii*, *L. alexanderi*, *L. kmetyi* y *L. alstonii*) y otras cinco de baja patogenicidad (*L. broomii*, *L. fainei*, *L. inadai*, *L. licerasiae* y *L. wolffii*) (2,3).

Los animales de producción y de compañía juegan un papel muy importante en la epidemiología de la enfermedad, ya que pueden actuar como hospederos de *Leptospira* spp. Sin embargo, los roedores son uno de los reservorios más importantes para que esta bacteria permanezca en el medio ambiente (4). La principal vía de transmisión a los humanos es a través del contacto con tejidos u orina de animales infectados, así como barro o agua contaminada con la orina de los animales infectados (5).

Debido a que la bacteria se transmite a través del agua, las tasas de incidencia más elevadas se presentan principalmente en zonas rurales tropicales y subtropicales de países en vías de desarrollo, dentro de los grupos vulnerable están los trabajadores de los sectores agropecuario, alcantarillado, construcción, de mataderos y médicos veterinarios (6,7). Actualmente se ha reportado un incremento de la leptospirosis en zonas urbanas debido al mal manejo de los desechos y la falta de planificación territorial en los desarrollos urbanos (8). Se espera que esta enfermedad aumente su incidencia en un futuro debido a eventos climáticos severos e inundaciones causadas por el cambio climático (9).

Se ha estimado que anualmente se presentan 103 millones de casos de leptospirosis y 58,900 muertes asociadas a esta enfermedad en el mundo (10). En México el primer reporte de esta enfermedad se registró en la ciudad de Mérida, Yucatán, en el año de 1920, durante un brote de fiebre amarilla (11).

Estudios realizados en México demuestran que la leptospirosis afecta ligeramente más a los hombres que a las mujeres, con un 51%, y el grupo de edad más afectada es el que se encuentra en el rango de 25 a 44 años (12).

Los estados en los que se presentó la mayor tasa de casos seropositivos fueron: Campeche, Yucatán, Sonora, Oaxaca, Hidalgo, Sinaloa, Tabasco y Veracruz. A su vez, los serovares más aislados en el país fueron: *L. bratislava*, *L. autumnalis*, *L. canicola*, *L. ballum*, *L. hardjo* y *L. pomona*; sin embargo, los serovares predominantes fueron *L. bratislava*, *L. autumnalis* y *L. canicola*. Se destaca que el 49,86% de las muestras fueron positivas a más de un serovar (49,86%). Con respecto a la parte temporal, la enfermedad se presentó con mayor frecuencia durante la estación de otoño, siendo octubre el mes con mayor frecuencia de casos (12).

El objetivo del presente estudio epidemiológico fue determinar el comportamiento temporal y espacial de la leptospirosis en México durante el periodo 2013-2019.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Obtención de datos

Se recolectó la información de los casos de leptospirosis en humanos durante el periodo 2013-2019, a través de los boletines del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica del Sistema Único de Información de la Secretaría de Salud del Gobierno de México. Con la información se realizó un estudio epidemiológico de tipo transversal retrospectivo y descriptivo, considerando las variables tiempo y espacio.

### Determinación del comportamiento temporal de la leptospirosis

Se determinó el comportamiento temporal de la leptospirosis en México durante el periodo 2013-2019, por medio de dos metodologías: canales endémicos y series de tiempo.

Para la elaboración de los canales endémicos se utilizó la metodología descrita por Bortman en 1999 (13). Se elaboró un canal endémico para la República Mexicana, así como un canal endémico para la zona norte del país, que incluyó los estados de Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas y Zacatecas, un canal endémico para la zona centro del país, que incluyó los

estados Aguascalientes, Ciudad de México, Colima, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Puebla, Querétaro y Tlaxcala y un canal endémico para la zona sur del país que incluyó los estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Yucatán y Veracruz. Los canales endémicos fueron realizados en el programa Microsoft Excel®.

Para las series temporales se utilizó la metodología descrita por Bello en 2007 (14). Se realizó un análisis de series de tiempo utilizando la información de los años antes mencionados de la República Mexicana, así como para la zona norte, centro y sur del país, que fueron descritas anteriormente. Aunado a lo anterior, se realizó una predicción para los meses del año 2020 a nivel país y zonas. El análisis de series de tiempo se realizó en el programa estadístico MINITAB, versión 17.

### Determinación del comportamiento espacial de la leptospirosis

Con la información recabada a nivel estatal, se calculó una tasa de prevalencia misma, que fue plasmada en un mapa de la República Mexicana, de acuerdo con lo descrito por Buzai en 2019 (15). La determinación e identificación de

clústeres de leptospirosis se realizó por medio del estadístico espacial SCAN, la unidad geográfica analizada fue la coordenada geográfica de la capital donde se presentó el caso de leptospirosis; la significancia estadística y la localización aproximada de los clústeres se realizó en software SaTSCAN (V8.0), de acuerdo con la metodología descrita por Zaragoza en 2017 (16).

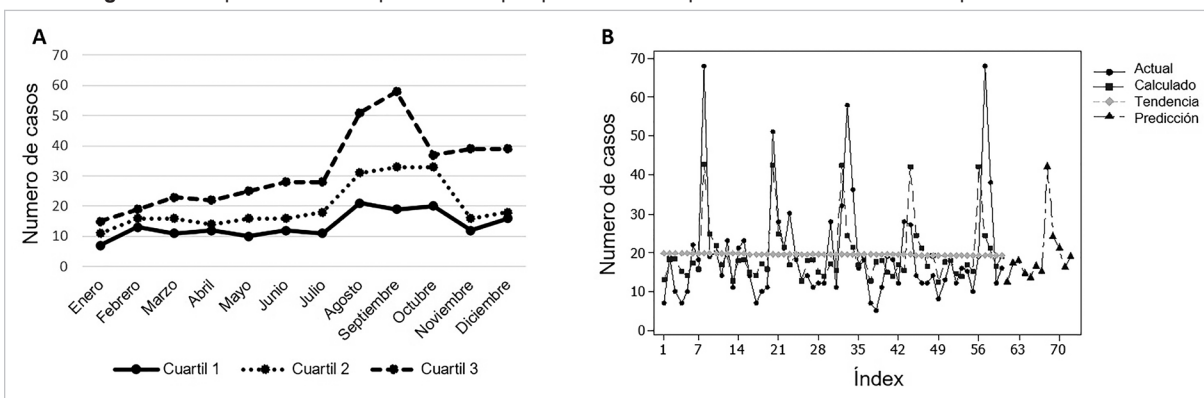
## RESULTADOS

### Determinación del comportamiento temporal de la leptospirosis

De acuerdo con el análisis descriptivo de los datos por año, se determinó que en el año 2013 se presentó el mayor número de casos de leptospirosis (378 de 1861). Para los años 2014 al 2018 disminuyeron los casos. Sin embargo, para el 2019, los casos de leptospirosis aumentaron nuevamente (316 de 1861). Con respecto a los meses, se determinó que los de mayor frecuencia de casos fueron agosto (249 de 1861), septiembre (256 de 1861) y octubre (197 de 1861).

El análisis de los datos en la República Mexicana indica, por medio del canal endémico, que la leptospirosis se presenta de forma regular durante todo el año. Sin em-

**Figura 1.** Comportamiento temporal de la leptospirosis en la República Mexicana durante el periodo 2013-2019



(A) Canal endémico y (B) Series de tiempo.

bargo, de acuerdo con el índice endémico (cuartil 2) se presenta un aumento de los casos en los meses de agosto, septiembre y octubre, como se observa en la Figura 1A.

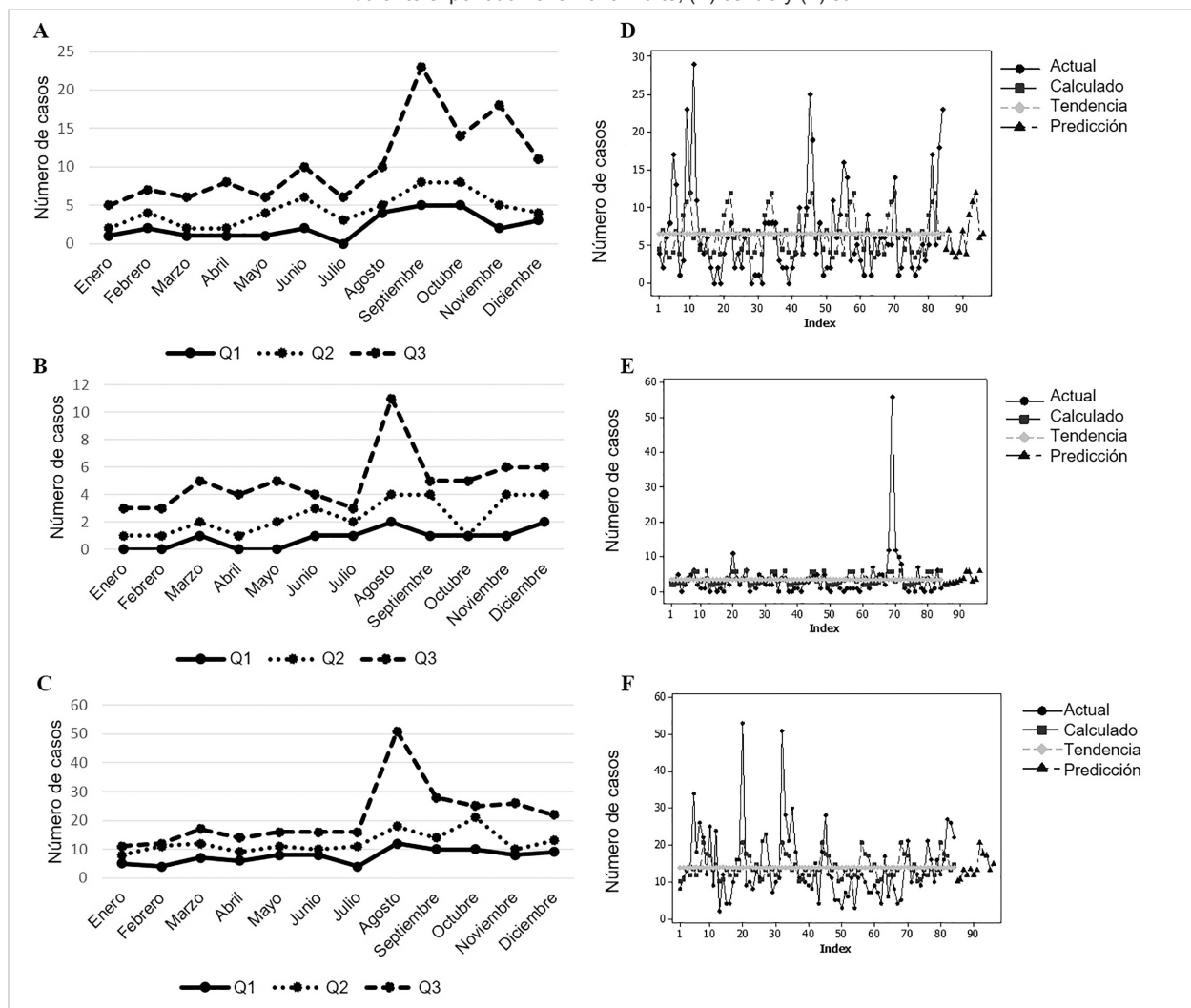
El análisis de series de tiempo indica que la enfermedad no presenta tendencia y se mantiene estable durante todo el año; presenta una estacionalidad marcada en los meses de agosto, septiembre y octubre; es cíclica; y presenta una variación irregular, como se observa en la Figura 1B. Con respecto a la predicción para el año 2020, se espera un comportamiento similar al de los años evaluados en el presente estudio, con aumento de casos para los meses de agosto, septiembre y octubre.

De acuerdo con análisis del canal endémico por zonas, se pudo observar un comportamiento diferente para cada

zona, siendo la zona sur la más afectada, en la cual la enfermedad presenta su pico endémico en el mes de octubre (Figura 2C). La segunda zona más afectada es la del norte, en la cual la enfermedad presenta su pico endémico en los meses de septiembre y octubre (Figura 2A). Y finalmente en la zona centro la enfermedad presenta dos picos endémicos: el primero en agosto-septiembre y el segundo en noviembre-diciembre (Figura 2B).

Con respecto a las series de tiempo en la zona norte, la leptospirosis no presenta tendencia ascendente o descendente: se mantuvo estable durante los años analizados. Sin embargo, se observa una estacionalidad marcada en los meses de septiembre y octubre, con un comportamiento cíclico y una variación irregular con respecto a la

**Figura 2.** Comportamiento temporal de la leptospirosis por zona en la República Mexicana durante el periodo 2013-2019. norte; (E) centro y (F) sur



Canal endémico zona (A) norte; (B) centro y (C) sur y series de tiempo de la zona (D).

proyección de 2020, año en el que se espera un comportamiento similar al de los años evaluados, con aumento de casos para los meses antes mencionados (Figura 2D).

Para la zona centro se determinó que la enfermedad no presenta una estacionalidad. Se mantuvo estable durante los años analizados. Se observan ciclos cortos con un aumento inusual en el año 2018. Sin embargo, se observa una estacionalidad en los meses agosto-septiembre y noviembre-diciembre, con respecto a la proyección de 2020. Se espera un comportamiento similar al de los años evaluados con aumento de casos para los meses antes mencionados (Figura 2E).

Finalmente, la zona sur presenta un comportamiento similar a la zona norte, con respecto a la tendencia. Sin embargo, los ciclos se van acortando en los años evaluados y se observa que los casos de la enfermedad aumentan en solo un mes del año (octubre), con respecto a la

proyección de 2020, año en el que se espera un comportamiento similar al de los años evaluados, con aumento de casos para los meses antes mencionados (Figura 2F).

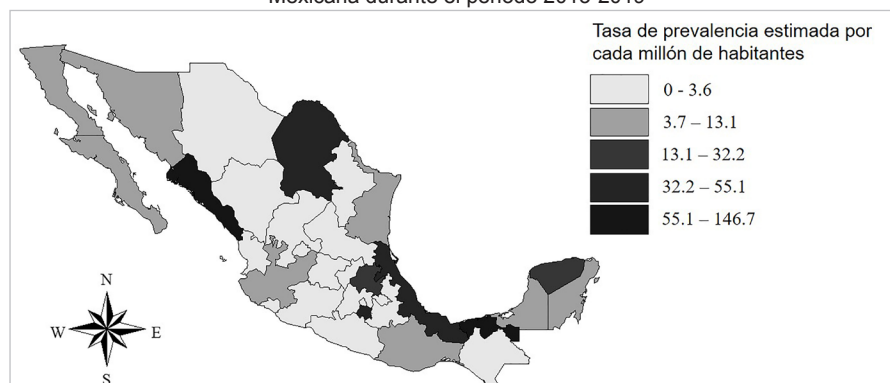
### Determinación del comportamiento espacial de la leptospirosis

De acuerdo con el análisis descriptivo de los casos de leptospirosis, se determinó que el 70% de los casos se concentra en 3 estados, Sinaloa 23% (435 casos de 1861), Veracruz 20% (383 casos de 1861) y Tabasco 18% (342 casos de 1861), los estados en los que no se presentaron casos de leptospirosis fueron Colima, Durango y Tlaxcala. Al calcular la tasa de prevalencia por cada millón de habitantes, se observó que el estado más afectado por esta enfermedad fue Sinaloa, con una tasa de 146,7 casos, seguido por Tabasco, con 142 casos, mientras que los estado de Morelos y Coahuila presentaron más de 50 casos; en

Veracruz, 47 casos; en Hidalgo, 32,2 casos; en Yucatán, 23,4 casos; en los estados de Oaxaca y Baja California Sur se presentaron 13,1 y 11,8 casos, respectivamente; y en los estados restantes se presentaron menos de 10 casos por millón de habitantes (Figura 3).

Con respecto a la distribución espacial, no se identificó estadísticamente un agrupamiento espacial ( $P > 0.05$ ). Sin embargo, se observó que la leptospirosis se concentra en Sinaloa, Tabasco, Coahuila, Morelos, Hidalgo y Yucatán (Figura 3).

**Figura 3.** Tasa de prevalencia de leptospirosis en la República Mexicana durante el periodo 2013-2019



## DISCUSIÓN

La leptospirosis es una enfermedad que puede seguir un patrón temporal y espacial predecible. Sin embargo, se ve afectada por hábitos y costumbres de las poblaciones (17), así como por eventos climatológicos que favorezcan el contacto del agente etiológico con la población como lluvias intensas y huracanes causantes de inundaciones (9).

Los resultados del presente estudio indican que en el año 2013 se presentó el mayor número de casos de leptospirosis en México, situación que coincide con lo mencionado anteriormente, ya que al analizar los reportes mensuales de temperaturas y lluvia de la Comisión Nacional del Agua de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno de México, en ese año hubo una precipitación pluvial de 921 mm, cifra que supera el promedio de precipitación pluvial en México (740 mm) y a los demás años en estudio (18), situación que pudo estar relacionada con el aumento de los casos en ese año.

Aunado a lo anterior, se determinó que la mayor frecuencia de casos se presentó en agosto y septiembre y disminuyó a partir de octubre, situación que coincide con la temporada de lluvias, ya que, de acuerdo con los reportes Mensuales de Temperaturas y Lluvia antes citados, el aumento en mm de agua es a partir del mes de junio, acorde con el inicio de la temporada de lluvia. El descenso en mm de agua se observa a partir del mes de octubre. Esto concuerda con lo publicado por Sakata et ál. en 1992, quienes demostraron que en Brasil la incidencia de leptospirosis aumenta en la época de lluvia (19).

Lo anterior también puede estar relacionado con las actividades de la población, ya que en México el fin del periodo escolar es a partir de la segunda semana de julio y el inicio del periodo escolar a partir de la primera semana de agosto (periodo vacacional de verano), periodo que la población utiliza para vacacionar y durante el cual se expone al contacto con la bacteria. Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), la leptospirosis tiene un periodo de incubación de 2 a 30 días, por lo que resulta lógico que el mayor número de casos se presente en agosto y septiembre (1).

Lo anterior concuerda con lo publicado por Hartskeerl, Collares-Pereira y Ellis (6) en 2011, quienes determinaron que, las vacaciones en zonas tropicales son un factor que incrementa la incidencia de la leptospirosis y la clasifican como una enfermedad recreativa; al respecto, Zavala-Velázquez et ál. (20) reportaron en 2018 tres casos leptospirosis, los cuales tuvieron como antecedente contacto con agua en actividades recreativas.

El análisis de datos por zonas geográficas permitió identificar un mejor comportamiento de la leptospirosis, ya que, como se mencionó, es una enfermedad que se comporta de acuerdo con la temporada de lluvias y temperatura, así como hábitos y costumbres de las poblaciones y en ese sentido, México tiene una gran riqueza de tradiciones y una gran variedad de ecosistemas por las diferencias climatológicas entre estados y regiones (21). Al analizar el índice endémico por zonas, se pudo identificar un comportamiento diferente entre zonas y país, ya que en la zona norte los picos endémicos de leptospirosis se observaron en septiembre y octubre; en la zona centro,

un primer pico en agosto-septiembre y el segundo en noviembre-diciembre; y en la zona sur, que es la más afectada por esta enfermedad, el pico endémico se presenta en octubre. Aun con las diferencias en los picos endémicos, las tres zonas coinciden en la temporada de lluvias que se describió anteriormente como factor de riesgo para contraer la enfermedad, con la diferencia de que en la zona centro hay un segundo pico en noviembre y diciembre. Sin embargo, la infección de estos casos se pudo dar en la temporada de lluvias, ya que como se mencionó, el periodo de incubación puede ser de 2 a 30 días o por la confusión en el diagnóstico inicial, ya que, la leptospirosis tiene un diagnóstico diferencial con dengue, hepatitis viral, neumonía, meningitis aséptica y fiebre tifoidea (22).

Con respecto a la distribución espacial, no se detectó ninguna agrupación estadísticamente significativa. Este resultado pudo verse afectado por el hecho de que las coordenadas de las capitales de los estados fueron la unidad geográfica utilizada para el análisis estadístico, y, de acuerdo con Robinson en 2000 (23), se requiere de una unidad geográfica lo más cercana al caso en estudio. Sin embargo, se determinó que Sinaloa presentó el 23% de los casos; Veracruz, el 20%; y Tabasco el 18%. Estudios similares realizados en México en el periodo 2000-2010 por Sánchez et ál. en 2015 (24) determinaron que los estados con el mayor número de casos fueron Veracruz (24,4%), Tabasco (16,8%) y Sinaloa (8,3%), información que no coincide con los resultados de la presente investigación, ya que el orden fue inverso y Sinaloa es el estado con el mayor número de casos.

Sin embargo, los datos anteriormente comparados son datos crudos y probablemente no reflejan la proporción correcta de los casos, por lo que, al calcular la tasa de prevalencia de leptospirosis por millón de habitantes, se corroboró que Sinaloa es el estado más afectado, con una tasa de 147 casos; seguido de Tabasco, con 142 casos; Morelos y Coahuila, con más de 50 casos; y Veracruz se posicionó en el quinto lugar, con 47 casos. Al respecto, Flores (25) en 2012 menciona que Sinaloa es un estado vulnerable al cambio climático por su situación geográfica: frecuentemente es afectado por huracanes y tormentas tropicales (25).

En el estudio realizado por Sánchez et ál. en 2015 (24) no figuran los estados de Morelos y Coahuila, a diferencia de los obtenidos en la presente investigación. Como se ha mencionado anteriormente, autores como Jiménez-Coello en 2008 asocian los casos de leptospirosis con lugares tropicales como los estados de Sinaloa, Tabasco y Veracruz. Sin embargo, en el presente análisis se determinó que los estados de Morelos y Coahuila también son afectados por esta enfermedad (26).

La leptospirosis es una enfermedad que se distribuye en la mayoría de los estados de la república mexicana. La enfermedad se presenta todo el año. Sin embargo, el aumento de casos se presenta principalmente a partir de agosto, septiembre y octubre. Los estados más afectados en el periodo evaluado fueron Sinaloa y Tabasco, por lo cual sería importante realizar estudios epidemiológicos más detallados en estos dos estados ♦

**Conflicto de intereses:** Ninguno.

## REFERENCIAS

1. Organización Panamericana de la salud. leptospirosis humana: guía para el diagnóstico, vigilancia y control [Internet]. Washington: OPS; 2008 [cited 2020 Apr 10]. Available from: <https://bit.ly/32emaF2>.
2. Guernier V, Allan K, Goarant C. Advances and challenges in barcoding pathogenic and environmental *Leptospira*. Parasitol. 2018; 145(5):595-607. DOI:10.1017/S0031182017001147.
3. Dhewantara PW, Zhang W, AIMamun A, Yin WW, Ding F, Guo D, et al. Spatial distribution of leptospirosis incidence in the Upper Yangtze and Pearl River Basin, China: Tools to support intervention and elimination. Sci Total Environ. 2020; 75:1-14. DOI:10.1016/j.scitotenv.2020.138251.
4. Krijger IM, Ahmed AAA, Goris MGA, Groot Koerkamp PWG, Meerburg BG. Prevalence of *Leptospira* Infection in Rodents from Bangladesh. Int J Environ Res Public Health. 2019; 16(12):1-19. DOI:10.3390/ijerph16122113.
5. Levett PN. Leptospirosis. Clin Microbiol Rev. 2001; 14(2):296-326. DOI:10.1128/CMR.14.2.296-326.2001.
6. Hartskeerl R, Collares-Pereira M, Ellis WA. Emergence, control and re-emerging leptospirosis: Dynamics of infection in the changing world. Clin Microbiol Infect. 2011; 17:494-501. DOI:10.1111/j.1469-0691.2011.03474.x.
7. Brightman C. leptospirosis: a leisure and occupational hazard. Trends in Urology & Men's Health. 2018; 9(1):29-31. DOI:10.1002/tre.619.
8. Mwchui MA, Crump L, Hartskeerl R, Zinsstag J, Hattendorf J. Environmental and Behavioural Determinants of leptospirosis Transmission: A Systematic Review. PLoS Negl Trop Dis. 2015; 9(9):1-15. DOI:10.1371/journal.pntd.0003843.
9. Lau CL, Watson CH, Lowry JH, David MC, Craig SB, Wynwood SJ, et al. Human leptospirosis Infection in Fiji: An Eco-epidemiological Approach to Identifying Risk Factors and Environmental Drivers for Transmission. PLoS Negl Trop Dis. 2016; 10(1):1-25. DOI:10.1371/journal.pntd.0004405.
10. Costa F, Hagan JE, Calcagno J, Kane M, Torgerson P, Martinez-Silveira MS, et al. Global Morbidity and Mortality of leptospirosis: A Systematic Review. PLoS Negl Trop Dis. 2015;9(9):1-16. DOI:10.1371/journal.pntd.0003898.
11. Noguchi HK. Immunological studies with a strain of *Leptospira* isolated from a case of yellow fever in Mérida, Yucatán. J Exp Med. 1920; 32:627-37. DOI:10.1084/jem.32.5.627.
12. Zúñiga CIR, Caro LJ. Panorama epidemiológico de la leptospirosis, Estados Unidos Mexicanos 2000-2010. Enf Infec Microbiol. 2013 [cited 2020 Apr 10]; 33(2):71-6. Available from: <https://bit.ly/3j4cG5W>.
13. Bortman M. Elaboración de corredores o canales endémicos mediante planillas de cálculo. Rev Panam Salud Pública. 1999 [cited 2020 Apr 10]; 5:1-8. Available from: <https://bit.ly/31113Bx>.
14. Bello PL, Martínez C. Una metodología de series de tiempo para el área de la salud; caso práctico. Rev Fac Nac Salud Pública. 2007 [cited 2020 Apr 10]; 25(2):118-122. Available from: <https://bit.ly/2EoMGDp>.
15. Buzai, GD. Geografía de la Salud con Sistemas de Información Geo-

- gráfica. Aplicaciones en el núcleo conceptual del análisis espacial. Anuario de la División de Geografía. 2019 [cited 2020 Aug 22]; 140-51. Available from: <https://bit.ly/3jalcAt>.
16. Zaragoza BA, Hernández M, Montes L, Medina-Torres I, Paniagua J, Mendoza G, et al. Spatial and Temporal Distribution of Tuberculosis in the State of Mexico, Mexico. *The Scientific World Journal*. 2012;2012:1-10.
  17. Sanabria H. Enfermedades infecciosas, tropicales y otros daños de salud pública en el Perú. *Rev Salud Pública*. 2001 [cited 2020 Apr 10]; 3:49-62. Available from: <https://bit.ly/2Qi1LsV>.
  18. Comisión Nacional del Agua, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno de México. Reporte Mensual de Temperaturas y lluvia [Internet]. 2020 [cited 2020 Apr 14]. Available from: <https://bit.ly/2CQkfxA>.
  19. Sakata EE, Yasuda PH, Romero EC, Silva MV, Lomar AV. Sorovares de *Leptospira interrogans* aislados de casos de leptospirose humana em São Paulo, Brasil. *Rev Inst Med trop S Paulo*. 1992; 34(3):217-221. DOI:10.1590/S0036-46651992000300006.
  20. Zavala-Velázquez J, Cárdenas-Marrufo M, Vado-Solís I, Cetina-Cámara M, Cano-Tur J, Laviada-Molina H. Hemorrhagic pulmonary leptospirosis: three cases from the Yucatan peninsula, Mexico. *Rev Soc Bras Med Trop*. 2018; 41(4):404-408. DOI:10.1590/S0037-86822008000400016.
  21. Zepeda RV. Las regiones climáticas de México. Ciudad de México. México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2005.
  22. Pérez EY, Obregón FA, Rodríguez RI, Alfonso GM. Actualización en el diagnóstico de la leptospirosis humana. *Rev Cub Med Mil*. 2015 [cited 2020 Apr 10];44(4):1-10. Available from: <https://bit.ly/32gbLsq>.
  23. Robinson TP. Spatial statistics and geographical information systems in epidemiology and public health. *Adv Parasitol*. 2000; 47:81-128. DOI:10.1016/S0065-308X(00)47007-7.
  24. Sánchez M, Espinosa M, Ríos M, Berzunza-Cruz M, Becker I. Leptospirosis in Mexico: epidemiology and potential distribution of human cases. *PLoS ONE*. 2015; 10(7):1-16. DOI:10.1371/journal.pone.0133720.
  25. Flores C, Arzola-González J, Ramírez-Soto M, Osorio-Pérez A. Repercusiones del cambio climático global en el estado de Sinaloa, México. *Cuad Geogr Rev Colomb Geogr*. 2012; 21(1):115-129. DOI:10.15446/rcdg.v21n1.25562.
  26. Jiménez-Coello M, Vado-Solís I, Cárdenas-Marrufo M, Rodríguez-Buenfil J, Ortega-Pacheco A. Serological survey of canine leptospirosis in the tropics of Yucatan Mexico using two different tests. *Acta Trop*. 2008; 106(1):22-26. DOI:10.1016/j.actatropica.2007.12.011.