

Un enfoque geoestadístico en el análisis de la distribución de las agresiones por murciélago en el sur del Estado de México.

Zaldívar-Gomez A.,¹ Arteaga-Troncoso G.,² Velázquez-Quiroz IR.,¹ Delgado-Urbina C.,¹ Ramírez-Hernández MD.,¹ Jiménez-Estrada JM.¹

Laboratorio Estatal de Salud Pública del Estado de México ISEM,¹
Instituto Nacional de Perinatología (INPER).²

Resumen

Las agresiones por cualquier tipo de quiróptero son consideradas como de exposición grave al determinar el riesgo de infección por rabia. El acceso oportuno de atención médica antirrábica específica es valioso para la aplicación de medidas de control.

Objetivo

Estimar los patrones espaciales de las tasas de agresión por murciélagos.

Material y métodos

Un conjunto de puntos georreferenciados de las localidades con casos reportados de agresión por quirópteros en humanos fue usado para modelar las tasas de agresión ajustadas por habitantes en las localidades de la región sur del Estado de México. Se construyó una superficie continua de predicción de las tasas de agresión a partir de los eventos ocurridos durante el periodo 2001 a 2009 usando el método de interpolación espacial (Poisson-Kriging).

Resultados

El 94.8% del total de agresiones fue registrada sólo en los municipios de Tejupilco y Luvianos. Durante el periodo de 2001 a 2009, el índice de agresión por género mostró un incremento en las mujeres (58.6%) en contraste con los hombres (41.4%); por grupo de edad, el de mayor porcentaje está comprendido entre 10 a 24 años. Se observó una estacionalidad de las agresiones con mayor frecuencia en los meses de abril a agosto, y una tendencia espacial de mayor tasa de agresiones hacia el noroeste, en el municipio de Luvianos. Esta distribución y estacionalidad se relaciona a las condiciones físicas y geográficas de la región, además de las condiciones socioeconómicas con alto grado de vulnerabilidad social.

Conclusión

Los sistemas de información geográfica en salud constituyen un instrumento para la gestión y planificación de los servicios de salud en el abordaje del riesgo de agresión en humanos por murciélago desde la perspectiva del análisis espacial y geográfico.

Palabras clave: rabia, murciélagos, geoestadística, interpolación espacial.

Introducción

La rabia es una enfermedad zoonótica de origen viral que afecta tanto a animales domésticos y silvestres, incluyendo al ser humano.¹ Se propaga con el contacto estrecho con la saliva infectada (a través de mordeduras y arañazos).¹ Los esfuerzos para la eliminación de la rabia humana transmitida por perros en México han producido excelentes resultados²; en contraste, ha habido un aumento en los casos provocados por fauna silvestre, particularmente por algunas especies de murciélagos hematófagos (*Desmodus rotundus*)^{3,4}; su incidencia ha sido reducida en los últimos años, sin embargo continúa siendo un riesgo muy alto para las poblaciones que habitan en zonas remotas con alta vulnerabilidad social y falta de atención médica y antirrábica oportuna.⁵ La heterogeneidad espacial en la distribución de los brotes de rabia parálitica bovina y las agresiones por murciélagos en humanos están relacionados a diversos factores ecológicos, antropogénicos y geológicos que influyen en la presencia del reservorio.^{6,7}

La región sur del Estado de México, esta constituida por tres Jurisdicciones Sanitarias (Valle de Bravo, Tejupilco y Tenancingo), es un área endémica de rabia parálitica bovina con presencia de diversas especies de murciélago, incluyendo al murciélago vampiro (*Desmodus rotundus*), que es uno de los principales reservorios de la enfermedad. En esta región, la frecuencia de agresiones por murciélago es constante; sin embargo, el 90% de los reportes se concentran sólo en los municipios de Luvianos, Tejupilco, Amatepec y Tlatlaya.

Estos municipios poseen características sociales, económicas y demográficas muy similares entre ellos, predominando comunidades aisladas con baja densidad poblacional y un alto grado de marginación, además un limitado acceso a servicios de salud debido a los numerosos obstáculos en el relieve topográfico. Estas características dificultan establecer programas de salud exitosos contra la rabia en estas comunidades; por lo cual, proponemos un análisis geoestadístico que nos permita analizar los patrones



espaciales de las agresiones por murciélago en la población y crear un mapa de riesgo estimando el nivel de agresión sobre el territorio.

Material y método

1. Área de estudio y reportes de agresión

El presente estudio analizó los reportes de agresiones por murciélago de 2001 a 2009 en las localidades de los municipios de Luvianos, Tejupilco, Amatepec y Tlatlaya (*Figura 1*). Se desarrolló una base de datos por localidad que contiene el número de agresiones mensual, su ubicación georreferenciada (latitud, longitud) y la tasa estandarizada de agresiones por cada 1000 habitantes con base en los datos de población recabados por el Censo de Población y Vivienda que reporta el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).



Figura 1. Área de estudio del sur del Estado de México que comprende los municipios de Luvianos, Tejupilco, Amatepec y Tlatlaya.

2. Análisis geoestadístico

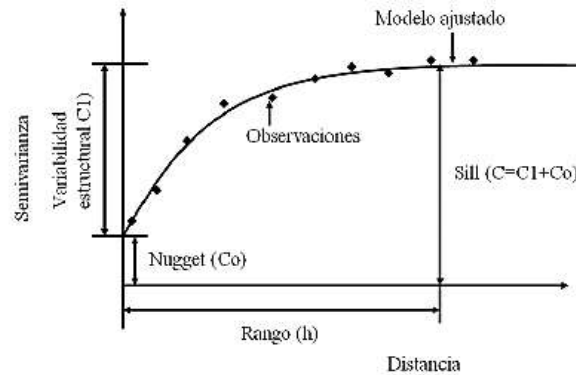
El análisis de autocorrelación espacial provee una estimación cuantitativa de la correlación espacial entre dos puntos muestreados en función de su distancia de separación(8). El análisis espacial usa la semivarianza estimada por:

$$\gamma(h) = 1/2N(h) \sum_{(i=1)}^{(N(h))} [Z(x_i) - Z(x_i+h)]^2$$

Donde $N(h)$ es el número de pares de localidades en cada intervalo de distancia h y $Z(x_i)$ y $Z(x_i+h)$ son los valores de las variables en cualquiera de los dos lugares separados por la distancia h . Se grafica los datos de la semivarianza con los diferentes frentes de distancia en el semivariograma experimental.⁹ (*Figura 2*)



Figura 2. Esquema del semivariograma experimental usado para la estructura del análisis espacial.



La estructura espacial de los datos es determinada de acuerdo al ajuste de un modelo matemático al semivariograma experimental. El modelo *Kriging* fue usado como un método de interpolación basándose en la estructura espacial. Los mapas fueron desarrollados usando la paquetería de *software* ArcMap® Versión 10.0 de ESRI®.

Resultados

1. Datos epidemiológicos

Durante el periodo de 2001-2009, el 94.8% del total de agresiones fue registrada sólo en los municipios de Tejupilco y Luvianos. El índice de agresión por género mostró un incremento en las mujeres (58.6%) en contraste con los hombres (41.4%) (*Figura 3*); por grupo de edad, el de mayor porcentaje está comprendido entre 10 a 24 años (*Figura 4*). Se observó una estacionalidad en la frecuencia de agresiones durante los meses de abril a agosto, estos eventos coinciden con el aumento en el número de casos de rabia parálitica bovina diagnosticados por el laboratorio Estatal de Salud Pública en el mismo periodo de tiempo (*Figura 5*).

Figura 3. Índice de agresión por género



Figura 4. Índice de agresión por edad

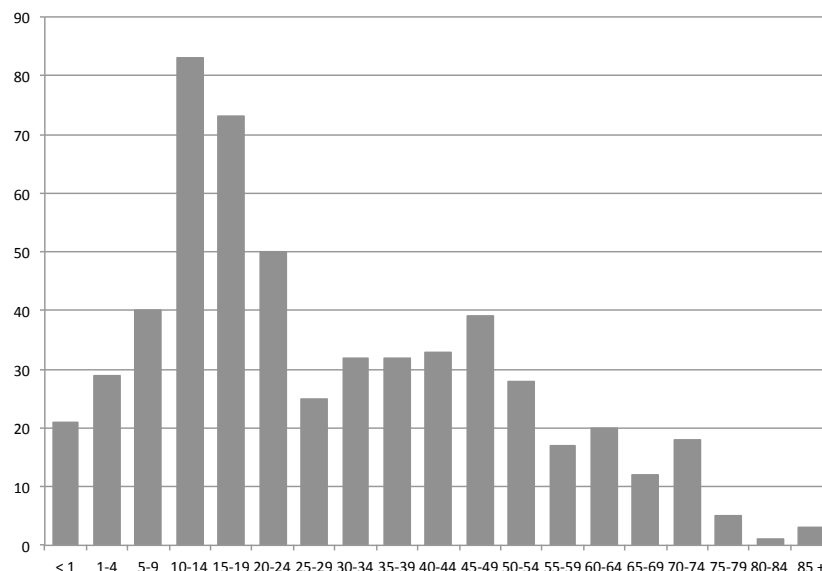
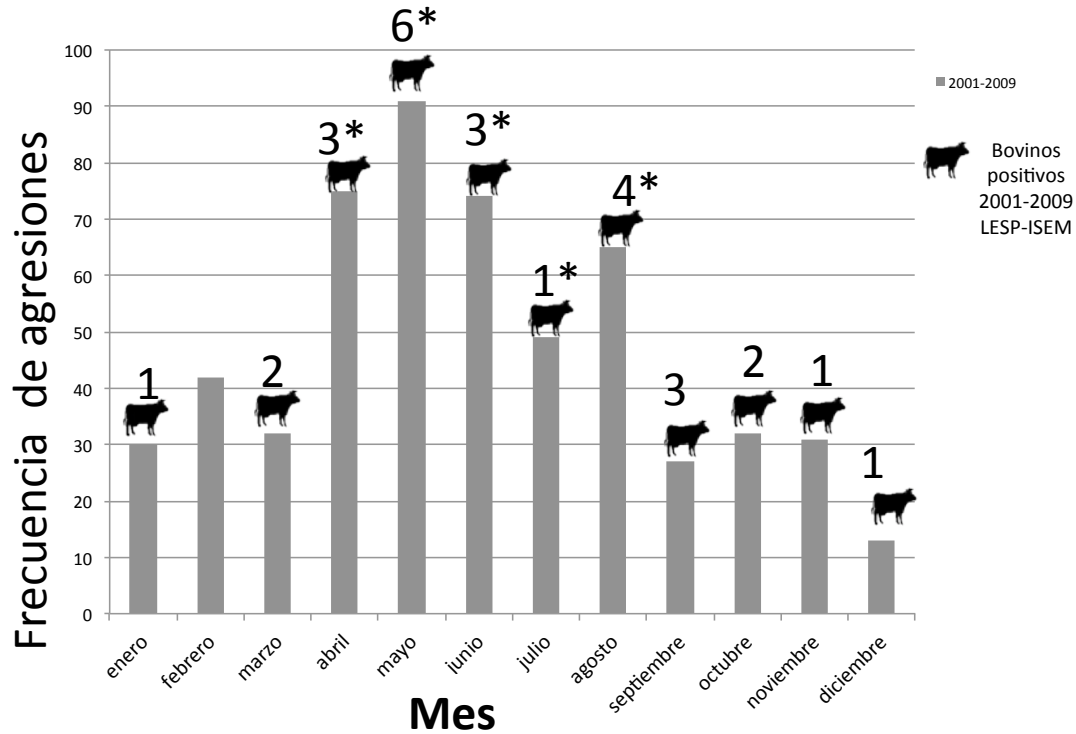




Figura 5. Número de casos de rabia parálitica bovina diagnosticados por el laboratorio Estatal de Salud Pública.



2. Variograma

El modelo desarrollado fue un *Kriging* ordinario predictivo ajustado a una distribución esférica (Figura 6). Las pruebas de validación cruzada y la estimación del error resultan ser aceptables para el modelo (Tabla 7). Los datos de las tasas de agresiones por murciélago fueron correlacionadas espacialmente a escala real del terreno en una distancia máxima de 15,000 m a partir de la ubicación de cada localidad. Estos resultados muestran una alta dependencia espacial.

Figura 6. Modelo *kriging* ordinario predictivo ajustado a una distribución esférica

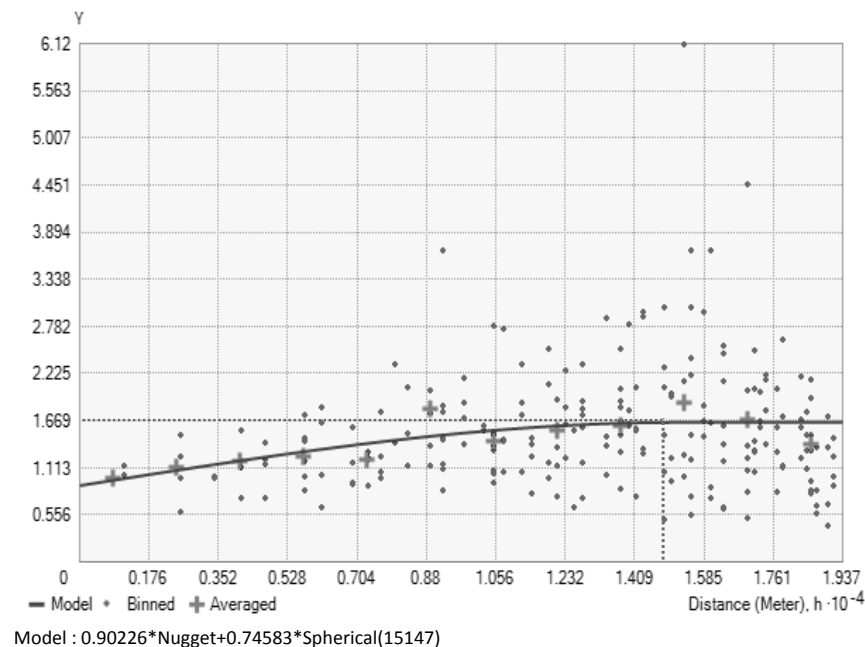


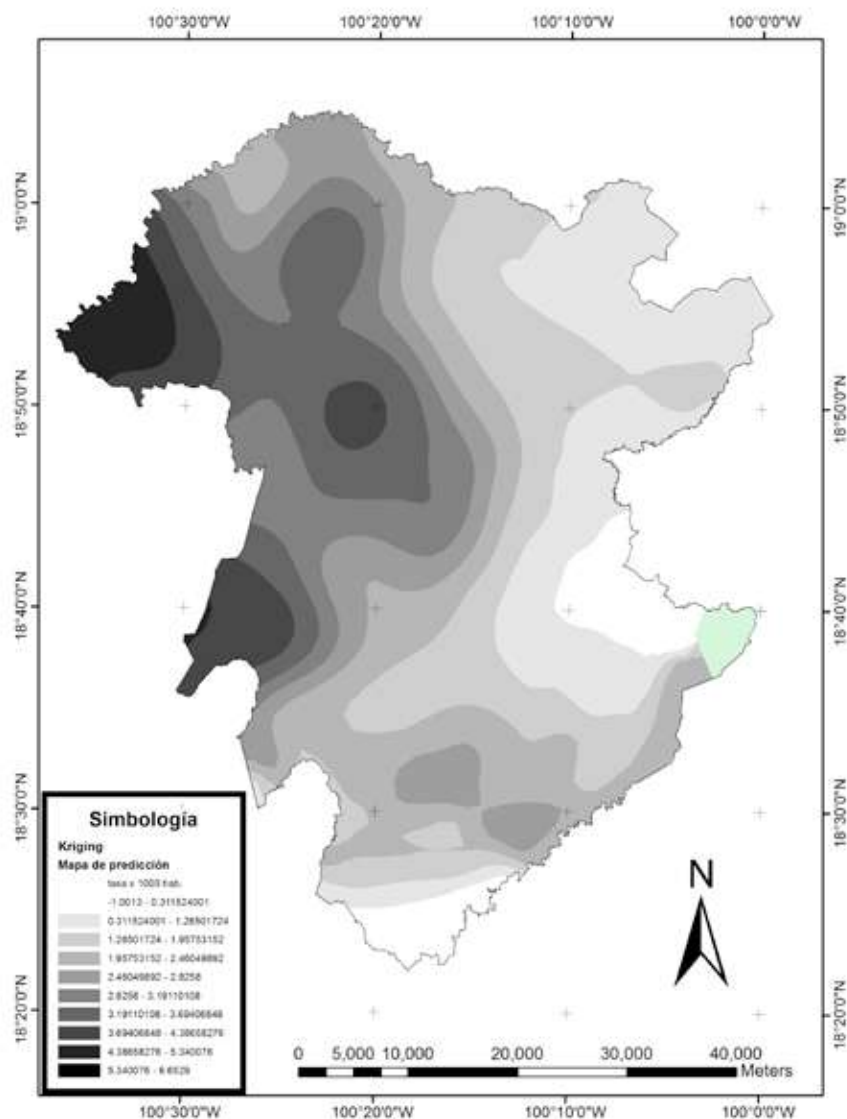


Tabla 1.

r^2 (validación cruzada)	Media estandarizada	Media cuadrática estandarizada	Media
0.71	0.006096	1.17	0.01
$y=0.396982053348609 * x + 1.58425090713769$			
r^2 = coeficiente de determinación entre el modelo ajustado y el variograma experimental			

3. Mapa Kriging

El mapa de distribución mostró una tendencia general de mayor tasa de agresiones hacia el noroeste, comprendiendo la sierra de Nanchititla en el municipio de Luvianos, que debido a su accidentada orografía representa una fuente potencial de refugios para los murciélagos. Además se incluyen algunas localidades del municipio de Amatepec cerca a los límites con los estados de Guerrero y Michoacán.





Conclusiones

El análisis geoestadístico desarrollado es adecuado en el análisis de la distribución y estimación del riesgo de agresión por murciélago; además se constituye como una herramienta útil para la gestión y programación de actividades de los servicios de salud en la prevención y control de la rabia humana en la región. El patrón de distribución y estacionalidad de las agresiones por murciélago, tienden a avanzar por el territorio, esta dinámica se debe a los cambios climáticos que ocurren durante las estaciones del año y la búsqueda de mejores condiciones de alimentación y refugios para los murciélagos.¹⁰⁻¹² En la región existe una correlación espacial entre localidades con baja densidad de población y una elevada frecuencia de agresiones provocando un riesgo latente de posible transmisión del virus de la rabia a humanos dado que constantemente se sigue reportando su circulación en bovinos.^{13, 14}

Referencias bibliográficas

1. Teigen PM. The global history of rabies and the historian's gaze: an essay review. *Journal of the history of medicine and allied sciences.* 2012;67(2):318-27. Epub 2012/02/03.
2. Lee JH, Lee MJ, Lee JB, Kim JS, Bae CS, Lee WC. Review of canine rabies prevalence under two different vaccination programmes in Korea. *The Veterinary record.* 2001;148(16):511-2. Epub 2001/05/11.
3. Morikawa VM, Ribeiro J, Biondo AW, Fellini A, Bier D, Molento MB. Cat infected by a variant of bat rabies virus in a 29-year disease-free urban area of southern Brazil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical.* 2012;45(2):255-6. Epub 2012/04/27.
4. Human rabies from exposure to a vampire bat in Mexico --- Louisiana, 2010. *MMWR Morbidity and mortality weekly report.* 2011;60(31):1050-2. Epub 2011/08/13.
5. Anderson A, Shwiff S, Gebhardt K, Ramirez AJ, Kohler D, Lecuona L. Economic Evaluation of Vampire Bat (*Desmodus rotundus*) Rabies Prevention in Mexico. *Transboundary and emerging diseases.* 2012. Epub 2012/09/19.
6. Streicker DG, Lemey P, Velasco-Villa A, Rupprecht CE. Rates of viral evolution are linked to host geography in bat rabies. *PLoS pathogens.* 2012;8(5):e1002720. Epub 2012/05/23.
7. Hirano S, Itou T, Carvalho AA, Ito FH, Sakai T. Epidemiology of vampire bat-transmitted rabies virus in Goiás, central Brazil: re-evaluation based on G-L intergenetic region. *BMC research notes.* 2010;3:288. Epub 2010/11/10.
8. Zhou SS, Zhang SS, Wang JJ, Zheng X, Huang F, Li WD, et al. Spatial correlation between malaria cases and water-bodies in *Anopheles sinensis* dominated areas of Huang-Huai plain, China. *Parasites & vectors.* 2012;5:106. Epub 2012/06/02.
9. Qin HP, Khu ST, Yu XY. Spatial variations of storm runoff pollution and their correlation with land-use in a rapidly urbanizing catchment in China. *The Science of the total environment.* 2010;408(20):4613-23. Epub 2010/07/30.
10. George DB, Webb CT, Farnsworth ML, O'Shea TJ, Bowen RA, Smith DL, et al. Host and viral ecology determine bat rabies seasonality and maintenance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 2011;108(25):10208-13. Epub 2011/06/08.
11. Prevalence of bat rabies. *The Veterinary record.* 2006;159(6):163. Epub 2006/08/23.
12. Davis PL, Bourhy H, Holmes EC. The evolutionary history and dynamics of bat rabies virus. *Infection, genetics and evolution : journal of molecular epidemiology and evolutionary genetics in infectious diseases.* 2006;6(6):464-73. Epub 2006/04/20.
13. Huot C, De Serres G, Duval B, Maranda-Aubut R, Ouakki M, Skowronski DM. The cost of preventing rabies at any cost: post-exposure prophylaxis for occult bat contact. *Vaccine.* 2008;26(35):4446-50. Epub 2008/07/08.
14. Kobayashi Y, Ogawa A, Sato G, Sato T, Itou T, Samara SI, et al. Geographical distribution of vampire bat-related cattle rabies in Brazil. *The Journal of veterinary medical science / the Japanese Society of Veterinary Science.* 2006;68(10):1097-100. Epub 2006/11/07.

