


La coexistencia de *Desmodus rotundus* con la población humana en San Luis Potosí, México



Ximena Torres-Mejía ^a

Juan José Pérez-Rivero ^{b*}

Luis Alberto Olvera-Vargas ^c

Evaristo Álvaro Barragán-Hernández ^d

José Juan Martínez-Maya ^d

Álvaro Aguilar-Setién ^e

^a Universidad Nacional Autónoma de México. Programa de Doctorado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal, Ciudad de México. México.

^b Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. Departamento de Producción Agrícola y Animal. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Alcaldía Coyoacán, 04960, Ciudad de México. México.

^c Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.

^d Universidad Nacional Autónoma de México. Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Ciudad de México. México.

^e Instituto Mexicano del Seguro Social. Unidad de Investigación Médica, Ciudad de México. México.

*Autor de correspondencia: jperezr@correo.xoc.uam.mx

Resumen:

Desmodus rotundus es transmisor de enfermedades zoonóticas y emergentes a los humanos y al ganado, como el caso de la rabia. La mayoría de las enfermedades infecciosas están limitadas espacialmente por la presencia del transmisor, cuya abundancia y supervivencia

son influenciadas por las condiciones ambientales y la presencia de fuentes de alimentación. Una herramienta que facilita su estudio es el uso de los Sistemas de Información Geográfica. El objetivo de este estudio fue analizar la interacción de las poblaciones de murciélagos hematófagos y humanos, a través de la elaboración de un modelo probable de dispersión del *D. rotundus* basado en refugios conocidos y diferentes variables medioambientales, además de analizar la relación entre refugios identificados durante tres años y su cercanía con asentamientos humanos, como un proceso de coexistencia. El estudio se llevó a cabo en el estado de San Luis Potosí del año 2014 al 2016. Se identificaron un total de 180 refugios de *D. rotundus* distribuidos hacia la zona de la Huasteca, el 80 % de éstos fueron construidos por el hombre y el 57 % se encontraron habitados. Se calculó un buffer de 5 km a la redonda a partir de la ubicación de cada refugio, encontrando en su interior un total de 976 comunidades rurales y 15 ciudades, con 337,836 habitantes. La distancia media de los refugios hasta el primer asentamiento humano fue de 518.65 ± 11.33 m. Es necesario continuar estudiando la asociación entre la urbanización y el surgimiento de zoonosis, a través del entendimiento de las interacciones entre animales silvestres-ganadería - humanos.

Palabras clave: Murciélago vampiro, Zoonosis, Población humana, Coexistencia, SIG.

Recibido: 20/04/2020

Aceptado: 28/10/2020

Introducción

Los murciélagos son los mamíferos a los que se les reconoce como reservorios de virus potencialmente zoonóticos. Han sido asociados a diferentes agentes infecciosos como los de la familia *Filoviridae* (*Ebolavirus*, *Marburgvirus*), los coronavirus (incluyendo el coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo o SARS)^(1,2) la rabia y otros *Lyssavirus*, un linaje de Influenza A y a varios de la familia *Paramyxoviridae* (*Hendra (VHe)* y *de Nipah (VNi)*)⁽³⁾. Estas enfermedades emergentes tienen potencial para causar epidemias, originadas por las interacciones entre murciélagos infectados, el agente infeccioso y el hospedador⁽²⁾. En ocasiones existe un hospedador intermedio como lo son animales de compañía, silvestres o ganado, estos entran en contacto e infectan a los humanos incluso amplificando el virus^(2,3). Es evidente que las interacciones que ocurren entre la vida silvestre, ganado y humanos no son aún bien comprendidas, es probable que ocurran en diferentes escalas de tiempo, espacio y en cierta organización ecológica, donde los vectores cambian su distribución principalmente por el cambio de uso suelo (agricultura, urbanización, recreación) o cambios climáticos^(1,4). Los cambios en el ambiente, principalmente los ocasionados por la temperatura, precipitación pluvial y humedad, así como la altura sobre el nivel del mar y los

dados por las interacciones influyen la frecuencia y duración del contacto entre humanos y murciélagos, lo que puede favorecer la transmisión de patógenos a los primeros, la cual incluso parece ir en aumento^(3,5,6). Virus como los de hepatitis C, parainfluenza, distemper canino, entre otros, que son comunes en animales y humanos tuvieron su origen en murciélagos⁽⁷⁾.

La rabia es la enfermedad viral proveniente de los murciélagos que más se ha estudiado⁽³⁾. Existen tres especies de murciélagos hematófagos en América Latina, *Diaemus youngi*, *Diphylla ecaudata* y *Desmodus rotundus* (*D. rotundus*)⁽⁸⁾.

D. rotundus pertenece a la familia *Phyllostomatidae*, el cual se caracteriza por alimentarse de manera exclusiva de sangre de mamíferos incluso de humanos, se le ha considerado el principal transmisor de rabia en humanos y de rabia parálitica bovina (RPB) en el ganado, desde México hasta Sudamérica^(9,10,11). El impacto económico a causa de los murciélagos vampiros es difícil de cuantificar, debido a que debilitan al ganado por la pérdida de sangre, conducen a infecciones secundarias, reducen la producción de leche y carne además de conducir a la muerte si el ganado desarrolla RPB⁽¹²⁾. En México, esta enfermedad se presenta de forma endémica en 25 estados desde el Pacífico por el sur de Sonora hasta Chiapas y del Golfo de México al sur de Tamaulipas hasta la Península de Yucatán^(13,14). De los 255 casos de RPB reportados durante 2019, treinta (11.76 %) fueron notificados en San Luis Potosí⁽¹⁴⁾, donde a pesar de las medidas de prevención y control establecidas (tratamiento con vampiricida y vacunación), se continúan presentando, inclusive ampliando su cobertura geográfica. Hasta el 2017 el estado de Nuevo León se consideró libre de RPB, sin embargo, en 2018 se notificaron tres casos, lo que demuestra un incremento en la dispersión del vector^(14,15).

Debido a que la transmisión de rabia y otras enfermedades infecciosas, puede tener efectos devastadores en la salud pública e incluso en la conservación de especies silvestres, es claro que el entendimiento ha sido limitado y se vuelve necesario tener distintos enfoques de las interacciones murciélago-hematófago-patógeno-humanos. El conocimiento de la ecología del hospedero es esencial para la relación con la población humana en la transmisión de enfermedades y su dinámica. Es importante que las predicciones sean confiables para mejorar el conocimiento de los elementos que empujan la dinámica de la infección espacio temporal, para lograr prevenir enfermedades como la rabia en humanos, así como también en el ganado, se requiere el entendimiento de la dispersión de estos vectores, ya que son reconocidos como los principales transmisores de este virus a estas especies^(3,5,16). Se considera que la mayoría de las enfermedades infecciosas están limitadas espacialmente por la presencia del transmisor, cuya abundancia y supervivencia son influenciadas por las condiciones ambientales y la presencia de fuentes de alimentación⁽¹⁷⁾. Una herramienta que facilita el estudio de la distribución de vectores y estas variables es mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)^(18,19,20).

A través de modelos espaciales, como los de "Nicho Ecológico", se pueden predecir las áreas de mayor riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas, lo que permite establecer prioridades para su atención mediante programas como MaxEnt® o DivaGis®^(19,21,22). El modelo de máxima entropía (MaxEnt) es uno de los métodos más usados para estudiar la distribución de diferentes especies, prediciendo la idoneidad relativa del hábitat con funciones derivadas a partir de variables ambientales, evitando que el modelo sobreajuste los datos^(22,23). Al igual que MaxEnt, DivaGis respalda el análisis de bases de datos de exploración o de ocurrencia para identificar patrones ecológicos y geográficos en la distribución de especies silvestres⁽²⁴⁾. De este modo, se ha permitido incluso la predicción de la influencia del cambio climático en la distribución de las especies y enfermedades, la mayoría de los modelos correlacionan la ocurrencia actual de la especie o enfermedad con las variables climáticas o a través del conocimiento de la historia natural de la enfermedad y la estimación de la respuesta fisiológica de la especie al cambio climático estimando su posible redistribución para futuros escenarios climáticos⁽¹⁹⁾.

Debido al cambio climático y los patrones de urbanización y que el *D. rotundus* es una especie con potencial para transmitir enfermedades como la rabia al humano y al ganado, las actividades de vigilancia epidemiológica y el control de este transmisor cobran relevancia, el objetivo de este estudio fue analizar la cercana relación entre *D. rotundus* y los humanos, a través de la elaboración de un modelo probable de dispersión MaxEnt del *D. rotundus* basado en los refugios conocidos y diferentes variables medioambientales, y analizar la relación entre los refugios encontrados y su cercanía con asentamientos humanos, como un proceso de coexistencia con el uso de Diva Gis.

Material y métodos

El estudio se llevó a cabo en el estado de San Luis Potosí, el cual se encuentra localizado entre los 98°19'33.6 LO, 102°17'45.6 LO y los 21°9'36.72" LN a 24°29'29.4 LN. El clima que predomina es el seco y semiseco presente en el 71 % del estado, la temperatura media anual de 21 °C, siendo la temperatura mínima promedio de 8.4 °C en el mes de enero y la máxima promedio es alrededor de 32 °C en el mes de mayo. Las lluvias se presentan durante el verano en los meses de junio a septiembre, la precipitación media del estado es alrededor de 950 mm anuales⁽²⁵⁾.

Modelo de dispersión de *Desmodus rotundus* mediante MaxEnt

Se realizó mediante los registros de ubicación de refugios notificados y visitados durante los años 2014-2016, obtenidos por el Comité Estatal para la Promoción y Protección de la

Ganadería de San Luis Potosí (CEFPPSLP). Obteniendo su longitud, latitud y altitud, además del municipio, el motivo de la acción, el número de vampiros capturados y tratados.

Con los registros de ubicación de esos refugios, para el modelo de dispersión se utilizaron 24 variables ambientales (VA), 19 de ellas se descargaron de la base de datos Worldclim en resolución espacial de 1 km²(26,27). Además de otras cinco variables de clima⁽²⁸⁾ obtenidas del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) uso de suelo⁽²⁹⁾, suelos⁽³⁰⁾, geología⁽³¹⁾ y altitud⁽³²⁾ (Cuadro 1). Todas fueron convertidas a formato raster con una resolución espacial igual de las capas climáticas. Con un total de 181 datos ordenados en una base y exportada a un archivo delimitado por comas (CSV), para su posterior incorporación al software MaxEnt.

Cuadro 1: Variables Ambientales consideradas para el modelo de dispersión en el estado de San Luis Potosí

Código	Variable ambiental
VA1	Temperatura promedio anual (°C)
VA2	Oscilación diurna de la temperatura (°C)
VA3	Isotermalidad (cociente entre parámetros VA2 y VA7)
VA4	Estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, %)
VA5	Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (°C)
VA6	Temperatura mínima promedio del periodo más frío (°C)
VA7	Oscilación anual de la temperatura (diferencia entre parámetros VA5 y VA6)
VA8	Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (°C)
VA9	Temperatura promedio del cuatrimestre más seco (°C),
VA10	Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (°C)
VA11	Temperatura promedio del cuatrimestre más frío (°C)
VA12	Precipitación anual (mm)
VA13	Precipitación del periodo más lluvioso (mm)
VA14	Precipitación del periodo más seco (mm)
VA15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación, %)
VA16	Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm)
VA17	Precipitación del cuatrimestre más seco (mm)
VA18	Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)
VA19	Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)
VA20	Carta climática (tipos de clima)
VA21	Uso de suelo (tipos)
VA22	Suelos (tipo de edafología)
VA23	Geología (tipo de rocas)
VA24	Altitud (m.s.n.m)

Al tener solo datos de presencia, MaxEnt creó puntos de pseudoausencia y dividió la base en dos grupos de forma aleatoria: datos para entrenamiento, que es el modelo espacial y donde se consideró el 80 % de los registros de ubicación de los refugios, y datos de validación (test) del modelo, que considera el 20 % restante y mide la capacidad predictiva. El modelo de salida fue de tipo logístico con probabilidades de presencia previstas entre el rango binario⁽³³⁾. El resultado del modelo expresa entonces, el valor de la idoneidad del hábitat para la presencia de *D. rotundus* como una función de las variables ambientales, a través de una prueba estadística de validación denominado área bajo la curva (AUC por sus siglas en inglés) que indicó la sensibilidad, entendida como la probabilidad de obtener un resultado de presencia cuando la especie está presente, y mientras más cercano esté al valor a 1 más confiable es el resultado. Adicionalmente, el software calculó a partir de iteraciones el porcentaje de contribución al modelo de cada una de las variables ambientales usadas para la creación del modelo. Este análisis marca la similitud climática que hay entre los sitios donde están los refugios y donde posiblemente habite la especie.

Análisis del contacto potencial o coexistencia entre *Desmodus rotundus* y asentamientos o localidades humanas

Con las coordenadas de los refugios habitados por *D. rotundus*, la base de datos fue exportada a un archivo de tipo shape (.shp), donde se generó una capa buffer con un radio de 5 km⁽³⁴⁾, a través del programa Qgis. Adicionalmente, se agregó otra capa shp con la información de la localización de comunidades rurales, de ellas solo se seleccionaron las que estuvieron dentro del buffer creado y otra con áreas urbanas, seleccionando aquellas que tocaran ese mismo buffer.

Se contabilizó el número de asentamientos humanos (localidades rurales y áreas urbanas), así como su población, que potencialmente están dentro del buffer y por lo tanto mantienen interacciones con colonias de *D. rotundus*, además se calculó la distancia media del refugio a la vivienda más cercana.

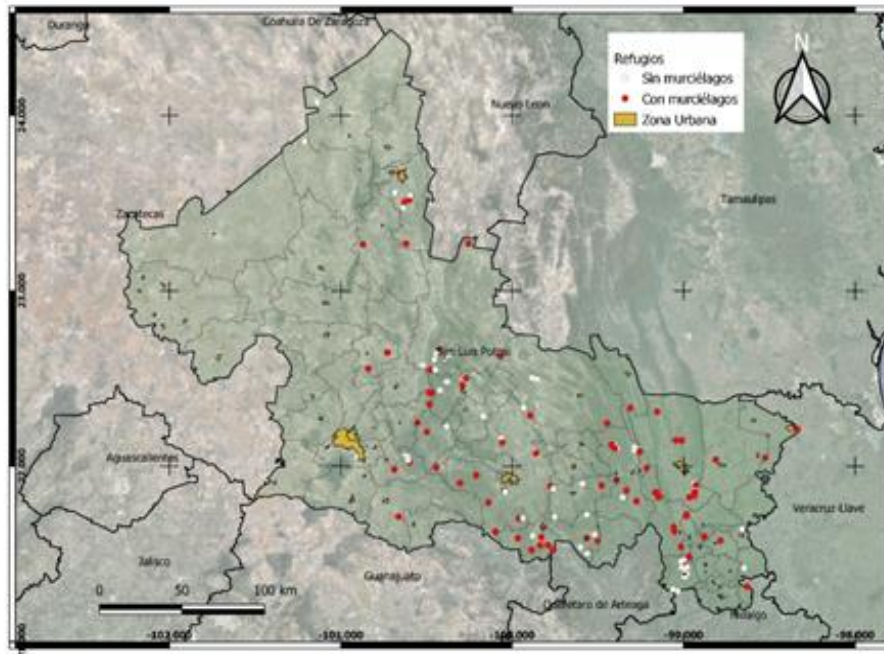
Resultados

Información de refugios

Del año 2014 al 2016 se identificó un total de 180 refugios, de los cuales 67 fueron identificados durante 2014, 46 en 2015 y 67 en 2016. El 80 % de los refugios eran artificiales, de estos resaltan 3 casas abandonadas, 1 escuela, 1 bodega, una estación de autobús y un puente. El 20 % restante son refugios naturales como cuevas. La distribución de refugios tanto naturales como artificiales es mayor hacia la zona de la Huasteca en el suroriente del estado en diversos municipios. Con relación a la ocupación que guardaban los refugios según

la presencia de *D. rotundus* del total identificado, en 102 refugios (56.7 %) se lograron capturar entre 6 a 18 individuos; el resto se encontraron vacíos a pesar de que fueron visitados en promedio dos veces en ese año (Figura 1).

Figura 1: Localización geográfica de los refugios vacíos y ocupados por *Desmodus rotundus* de 2014 a 2016 por el Comité Estatal para la Promoción y Protección de la Ganadería de San Luis Potosí (CEFPPSLP)

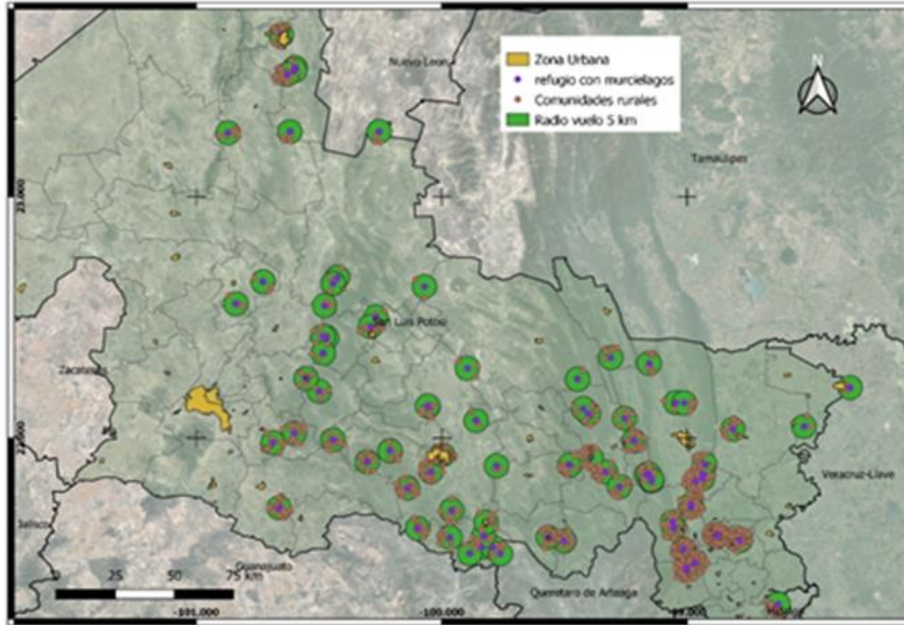


Análisis del contacto potencial o coexistencia entre *Desmodus rotundus* y asentamientos o localidades humanas

Se consideró un radio de vuelo promedio del *D. rotundus* de 5 km a partir de la ubicación de cada refugio^(34,35,36), y se realizaron buffers encontrando dentro de estos un total de 976 comunidades rurales, las cuales se encontraban habitadas desde 1 o hasta 3,124 habitantes, haciendo un total de 124,884 habitantes. De ellas, en 375 (38.4 %) tenían 10 o menos habitantes. Así como 15 ciudades con una población estimada en 212,952, lo que representa un total de 337,836 habitantes (Figura 2). Dado que los refugios de *D. rotundus* muestran conexión entre ellos, estos pueden ocupar un área de 3 a 6 km en promedio, dándoles la oportunidad de vuelos cortos para localizar presas⁽³⁷⁾, sin embargo, la distancia mínima que se ha encontrado sobre los movimientos en murciélagos vampiro en Argentina fue de 1.5 km⁽³⁸⁾. En cuanto a la distancia media de los refugios hasta el primer asentamiento con población humana fue de 518.65 ± 11.33 m, esta distancia puede ser fácilmente recorrida para la búsqueda de alimento, lo que implica que hay una directa o indirectamente una interacción a distintos niveles y frecuencia de contacto con humanos, que potencialmente

podrían tener exposición al virus de la rabia. La coexistencia entre población humana y colonias *D. rotundus* está ocurriendo dado por su dispersión, concentración de refugios, y la distancia entre refugios a las comunidades humanas.

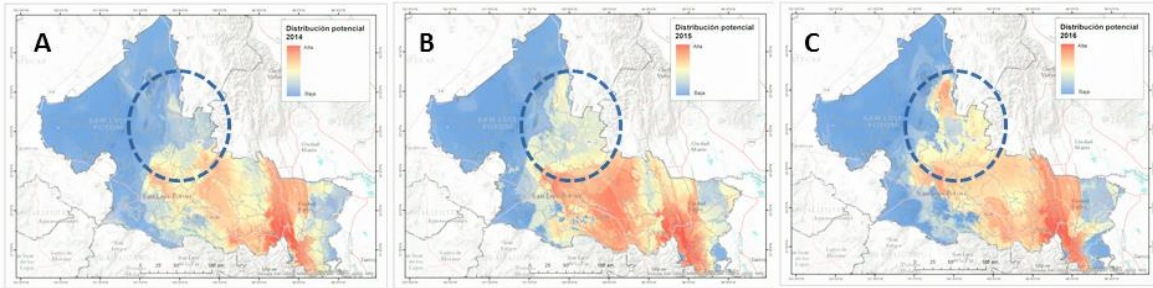
Figura 2: Localidades rurales y urbanas dentro de un radio de 5 km a partir de los refugios habitados en San Luis Potosí durante 2014-2016



Modelo de predicción de dispersión de *Desmodus rotundus* en el estado

El modelo de predicción obtenido con MaxEnt muestra que las condiciones medio ambientales se han modificado de manera moderada desde 2014 hasta 2016, generando más sitios de idoneidad ambiental hacia la región norte del estado para la localización de *D. rotundus*, pero es en la región sudoccidental donde existe una mayor probabilidad de desarrollo de colonias de *D. rotundus*, como se muestra en la Figura 3. Consistentemente, las variables climáticas con mayor efecto en el modelo fueron la oscilación anual de la temperatura, estacionalidad de la temperatura, precipitación del trimestre seco, estacionalidad de la precipitación y para el 2016 la oscilación diurna de la temperatura, como se puede ver en el Cuadro 2. El AUC general para el modelo fue de 0.992 en todo el periodo bajo estudio, específicamente para el 2014 (AUC 0.992), 2015 (AUC 0.993), y 2016 (AUC 0.992). Estos resultados permiten hacer un modelo robusto de predicción en cuanto a la dispersión del *D. rotundus*.

Figura 3: El modelo de predicción con MaxEnt para la presencia de *Desmodus rotundus*, para 2014 (A), 2015 (B), 2016 (C)



Nótese el incremento de la distribución potencial hacia la región norte (circulo punteado).

Cuadro 2: Porcentaje de contribución de las variables del modelo de MaxEnt

Año	Variable	Contribución (%)
2014	Estacionalidad de la temperatura	30.0
	Precipitación del trimestre más seco	16.1
	Oscilación anual de la temperatura	14.9
	Estacionalidad de la precipitación	14.3
2015	Oscilación anual de la temperatura	26.8
	Precipitación del trimestre más seco	16.7
	Estacionalidad de la precipitación	11.8
	Estacionalidad de la temperatura	11.5
2016	Oscilación anual de la temperatura	22.8
	Estacionalidad de la temperatura	20.0
	Precipitación del trimestre más seco	14.9
	Oscilación diurna de la temperatura	12.5

Discusión

La importancia del murciélago *D. rotundus* radica no sólo en su capacidad de transmitir enfermedades debido a sus hábitos de alimentación y sociales, como la rabia al ganado bovino y ocasionalmente a los humanos, sino también porque ha logrado tener una adaptación a nuevos ambientes, y a los cambios generados en el uso de suelo, lo que posiblemente favorece su amplia distribución geográfica en diferentes regiones de América Latina y México^(5,36). Este estudio confirma que el murciélago hematófago *D. rotundus* se distribuye en amplias zonas de San Luis Potosí, pero además, que ha ido buscando nuevos nichos al observarse casos de RPB hacia el norte del estado, donde las condiciones climáticas aparentemente no eran propias para la presencia de dichos murciélagos. La presencia de nuevos asentamientos humanos, sobre todo rurales, favorece la creación de refugios artificiales, donde pueden migrar nuevas colonias de estos quirópteros; además, los nuevos

asentamientos por lo regular desarrollan actividades ganaderas que a su vez facilitan la fuente de alimentación de estos vectores⁽³⁴⁾.

Un estudio en México encontró que sin importar las características ambientales la distribución de murciélagos vampiro fue en aumento⁽³⁹⁾. Al respecto, otro estudio realizado en México usando MaxEnt determinó a través de condiciones bioclimáticas para el periodo de 2050-2070, que el 30 % del paisaje mexicano proporcionará un hábitat idóneo para el *D. rotundus* debido a los cambios en los regímenes climáticos. Esta expansión ocurrirá en el norte y centro de México, donde se encuentra San Luis Potosí⁽¹³⁾. Concordando con lo anterior otro estudio utilizando el modelo de distribución de múltiples especies (SDM), estimó la distribución potencial de los murciélagos vampiros en América del Norte bajo escenarios climáticos actuales y futuros, encontrando que estos se pueden distribuir en diversos hábitats a lo largo de gran parte del sur, centro y norte de México, inclusive hasta la región sur de Estados Unidos, siendo la única limitación para alcanzar esta latitud su mala capacidad para termo-regular cuando se exponen a temperaturas inferiores de 10 °C⁽¹²⁾.

Considerando estudios realizados en México, *D. rotundus* puede estar en lugares con temperaturas entre 21 y 25 °C, altitud por debajo de 2,300 msnm y humedad relativa de 45 %⁽¹³⁾. La idoneidad ambiental ha ido cambiando en los diferentes años de estudio, incrementando el área de dispersión hacia el norte del estado, en la región árida, sin embargo las variables relacionadas con la temperatura: oscilación anual, estacionalidad y oscilación diurna (>11.5 %), junto con la variables de precipitación: del trimestre más seco y estacionalidad de la precipitación (>14.3 %) se mantuvieron como los factores que contribuyen mayormente para detectar áreas de dispersión potencial del *D. rotundus* durante el periodo de estudio. En un estudio realizado con métodos geoestadísticos multivariados donde se evaluó la distribución espacial de los casos de RPB a partir de variables climáticas y frecuencia de enfermedad, ahí se encontró que el mayor riesgo para la presencia de casos de RPB se encuentra en la región de la Huasteca del estado de San Luis Potosí, lo que concuerda con el presente trabajo⁽³⁹⁾.

Durante los tres años estudiados se encontraron refugios de *D. rotundus* en sitios abandonados, en donde a pesar de que fueron visitados en más de una ocasión, no se capturó ningún espécimen, el porcentaje de abandono del 58 % (34 refugios) en el 2014, fue mayor al encontrado al este de Sao Paulo, Brasil, donde se identificaron 260 refugios, de los cuales sólo 29 (11.2 %) estaban vacíos⁽³⁶⁾. El abandono de los refugios puede deberse a factores como la disponibilidad de alimento, la deforestación, pero sobre todo, a ejecución de actividades de control letal del vampiro^(16,36,40). Por lo general, después de algún tiempo, los refugios abandonados pueden ser recolonizados, trayendo consigo nuevos brotes de rabia o de otras enfermedades emergentes^(10,16,41).

El cambio de uso de suelo de rural a urbanizado, favorece que los refugios de los *D. rotundus* sean de tipo artificial⁽⁵⁾. En este trabajo algunos murciélagos vampiros fueron capturados en sitios urbanizados, como paradas de autobús, escuelas, casas deshabitadas, lo que concuerda con lo encontrado en San Paulo, donde el 67 % de los refugios que usan los murciélagos son artificiales⁽⁴²⁾. Esta situación favorece la interacción entre humanos, animales de compañía y murciélagos vampiro, lo que incrementa el riesgo de propagación y persistencia de enfermedades infecciosas^(5,43).

Las 337,836 personas que viven dentro del radio de 5 km de vuelo de los murciélagos encontrados en los refugios, haría pensar en un riesgo considerable; sin embargo, son pocos los eventos de agresiones a humanos reportadas por las autoridades de salud, lo anterior hace pensar en una posible convivencia estable entre estas especies. No hay estudios que hagan evidente el grado de interacción, por lo cual se considera necesario establecer con mayor precisión las implicaciones de la relación entre estas dos especies. Ya que resultados de un trabajo realizado en el este de Sao Paulo en Brasil, muestra la presencia de un refugio de *D. rotundus* por cada seis granjas, lo cual relaciona la información con el tamaño del rebaño, pero no de la población humana. Es importante continuar con estudios como el de Rocha *et al*⁽³⁴⁾, que permitan establecer valores sobre el número potencial de murciélagos vampiros por refugio, la frecuencia de mordidas al ganado en una región y los casos de rabia. Con datos como los anteriores, los investigadores pudieron construir un modelo para facilitar la ubicación de los refugios y con eso poder identificar otras granjas vulnerables, donde se debe reforzar la vigilancia de los ataques de murciélagos vampiros y otras medidas de control⁽³⁶⁾.

Considerando que la presencia de ganado es uno de los principales factores de la presencia y cercanía de *D. rotundus* a comunidades humanas, al mismo tiempo podría ser una protección a los humanos, ya que los vampiros tienen alimento de más fácil acceso con los animales domésticos^(8,44).

Conclusiones e implicaciones

Es común la identificación de refugios en sitios cercanos a poblaciones humanas de San Luis Potosí, lo que pone de manifiesto una relación en el ecosistema entre personas y *D. rotundus*, en la cual, podría esperarse una mayor frecuencia de agresiones por parte de los quirópteros; sin embargo, eso no sucede, lo que indica una adaptación de coexistencia entre ambas especies, sobre todo en el suroriente de la entidad. El hecho de que el 80 % de los refugios hayan sido artificiales, hace necesario estudiar el papel que desempeña la urbanización en la distribución de *D. rotundus*, así como la presencia de animales silvestres y domésticas como un amortiguador de ataques a seres humanos. A la fecha no hay suficiente información sobre la distribución de este quiróptero y su organización espacial y considerando las proyecciones sobre el cambio climático en los próximos años es importante poder predecir los sitios de

idoneidad ambiental para la localización de posibles refugios asociándolos a los asentamientos humanos. Lo anterior permitirá mejorar las actividades de vigilancia epidemiológica de la rabia y otras enfermedades zoonóticas en la población animal y la humana, dado el potencial de estas especies para transmitir enfermedades infecciosas, lo cual puede permitir atender a localidades más vulnerables dada la interacción tan cercana con la especie.

Agradecimientos

Ximena Torres Mejía recibió beca para estudios de doctorado por parte del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), en el Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Biólogo Ignacio Amezcua, del Comité Estatal para la Promoción y Protección de la Ganadería de San Luis Potosí (CEFPPSLP) por su apoyo en la recolección de datos y el trabajo de campo.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Literatura citada:

- 1.- Plowright RK, Eby P, Hudson PJ, Smith I, Westcott D, Bryden WL, *et al.* Ecological dynamics of emerging bat virus spillover. *Proc Biol Sci* 2015;282(1798):20142124.
- 2.- Calisher CH, Childs JE, Field HE, Holmes KV, Schountz T. Bats: important reservoir hosts of emerging viruses. *Clin Microbiol Rev* 2006;19:531–545.
- 3.- Hayman DT, Bowen RA, Cryan P M, McCracken GF, O'Shea TJ, Peel AJ, *et al.* Ecology of zoonotic infectious diseases in bats: current knowledge and future directions. *Zoonoses Public Health* 2013;60(1):2-21.
- 4.-Becker DJ, Czirják GÁ, Volokhov DV, Bentz AB, Carrera JE, Camus MS, *et al.* Livestock abundance predicts vampire bat demography, immune profiles and bacterial infection risk. *Phil Trans R Soc B* 2018;373:e1745.
- 5.- Joffrin L, Dietrich M, Mavingui P, Lebarbenchon C. Bat pathogens hit the road: But which one?. *PLoS Pathog* 2018;14(8):e1007134.
- 6.- Barcenas-Reyes I, Loza-Rubio E, Zendejas- Martínez H, Luna-Soria H, Canton-Alarcon G, Milian-Suazo F. Comportamiento epidemiológico de la rabia parálitica bovina en la región central de México, 2001-2013. *Rev Panam Salud Publica* 2015;38(5):396–402.

- 7.- Quan P, Firth C, Conte JM, Williams SH, Zambrana-Torrel CM, Simon J. *et al.* Bats are a major natural reservoir for hepaciviruses and pegiviruses. *Proc Natl Acad Sci USA* 2013;110:8194–8199.
- 8.- Johnson N, Aréchiga-Ceballos N, Aguilar-Setien A. Vampire bat rabies: Ecology, epidemiology and control. *Viruses* 2014;6:1911-1928.
- 9.- Velasco-Villa A, Mauldin MR, Shi M, Escobar LE, Gallardo-Romero NF, Damon I, Olson VA, Streicker DG, Emerson G. The history of rabies in the western hemisphere. *Antiviral Res* 2017;146:221-232.
- 10.- Blackwood JC, Streicker DG, Altizer S, Rohani P. Resolving the roles of immunity, pathogenesis, and immigration for rabies persistence in vampire bats. *Proc Natl Acad Sci USA* 2013;110(51):20837-20842.
- 11.- Condori-Condori RE, Streicker DG, Cabezas-Sanches C, Velasco-Villa A. Enzootic and epizootic rabies associated with vampire bats, Peru. *Emerg Infect Dis* 2013;19(9)1463–1469.
- 12.- Hayes MA, Piaggio AJ. Assessing the potential impacts of a changing climate on the distribution of a rabies virus vector. *PLoS ONE* 2018;13(2):e0192887.
- 13.- Zarza H, Martínez-Meyer E, Suzán G, Ceballos G. Geographic distribution of *Desmodus rotundus* in Mexico under current and future climate change scenarios: implications for bovine paralytic rabies infection. *Vet Mex OA* 2017;4(3).
- 14.- SENASICA.2019. Informe Semanal sobre Enfermedades y Plagas de Reporte Obligatorio Inmediato. Semana 51. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/524294/SEM_51_2019_WEB.PDF. Consultado 22 Feb, 2020.
- 15.- Moran D, Juliao P, Álvarez D, Lindblade KA, Ellison JA, Gilbert AT, *et al.* Knowledge, attitudes and practices regarding rabies and exposure to bats in two rural communities in Guatemala. *BMC Res Notes* 2015;8:955.
- 16.- Streicker DG, Allgeier JE. Foraging choices of vampire bats in diverse landscapes: potential implications for land-use change and disease transmission. *J App Ecol* 2016;53:1280-1288.
- 17.- Zaidi F, Fatima SH, Jan T, Fatima M, Ali A, Khisroon M. Environmental risk modeling and potential sand fly vectors of cutaneous leishmaniasis in Chitral district: a leishmanial focal point of mount Tirich Mir, Pakistan. *Trop Med Int Health* 2017;22(9):1130–1140.

- 18.- Escobar LE, Peterson AT, Papeş M, Favi M, Yung V, Restif O, Huijie-Qiao H, Medina-Vogel G. Ecological approaches in veterinary epidemiology: mapping the risk of bat-borne rabies using vegetation indices and night-time satellite imagery. *Vet Res* 2015;46(1):92.
- 19.- Portilla-Cabrera CV, Selvaraj JJ. Geographic shifts in the bioclimatic suitability for *Aedes aegypti* under climate change scenarios in Colombia. *Heliyon* 2020;24:6(1):e03203.
- 20.- Tran A, Ippoliti C, Balenghien T, Conte A, Gely M, Calistri P, Goffredo M, Baldet T, Chevalier V. A geographical information system-based multicriteria evaluation to map areas at risk for rift valley fever vector-borne transmission in Italy. *Transbound Emerg Dis* 2013;60:14–23.
- 21.- Rousseau R, McGrath G, McMahon BJ, Vanwambeke SO. Multi-criteria decision analysis to model *Ixodes ricinus* habitat suitability. *EcoHealth* 2017;14(3):591–602.
- 22.- West AM, Kumar S, Brown CS, Stohlgren TJ, Bromberg J. Field validation of an invasive species Maxent model. *Ecol Inform* 2016;36:126-134.
- 23.- Lee DN, Papeş M, Van den Bussche RA. Present and potential future distribution of common vampire bats in the Americas and the associated risk to cattle. *PloS one* 2012;7(8):e42466.
- 24.- Sunil N, Sivaraj N, Anitha K, Abraham B, Kumar V, Sudhir E, Vanaja M, Varaprasad KS. Analysis of diversity and distribution of *Jatropha curcas* L. germplasm using Geographic Information System (DIVA-GIS). *Genet Resour Crop Evol* 2008;56(1):115–119.
- 25.- INEGI. Cuéntame, información por entidad. San Luis Potosí. Disponible en el URL <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/slp/territorio/clima.aspx?tema=me&e=24>. Consultado 8 Feb,2020.
- 26.- Hesami N, Reza Abai M, Vatandoost H, Alizadeh M, Fatemi M, Ramazanpour J, Hanafi-Bojd AA. Using ecological niche modeling to predict the spatial distribution of *Anopheles maculipennis* s.l. and *Culex theileri* (Diptera: Culicidae) in Central Iran. *J Arthropod-Borne Dis* 2019;13(2):165–176.
- 27.- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int J Climatol* 2005;25:1965–1978.
- 28.-García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Serie Libros núm. 6. México: Instituto de Geografía, UNAM;2004.

- 29.- INEGI, 2007. Carta edafológica. Escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. URL: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825235673>. Consultado 22 Feb, 2020.
- 30.- INEGI, 2008. Unidades climáticas. Escala 1:1,000,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. URL: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267568>. Consultado 22 Feb, 2020.
- 31.- INEGI, 2015. Carta de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250,000. Serie V. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. URL: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825570385>. Consultado 22 Feb, 2020.
- 32.- INEGI, 2017. Topográfica. Escala 1:50,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. URL: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463532200>. Consultado 22 Feb, 2020.
- 33.- Phillips SJ, Robert P. Anderson RP, Schapire RE. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol Modell* 2006;190:231–259.
- 34.- Rocha F, Ulloa-Stanojlovic FM, Rabaquim VCV, Fadil P, Pompei JC, Brandão PE, Dias RA. Relations between topography, feeding sites, and foraging behavior of the vampire bat, *Desmodus rotundus*. *J Mammal* 2019;101(1):164-171.
- 35.- Delpietro HA, Russo RG, Carter GG, Lord RD, Delpietro GL. Reproductive seasonality, sex ratio and philopatry in Argentina's common vampire bats. *R Soc Open Sci* 2017;4:160959.
- 36.- Rocha F, Dias RA. The common vampire bat *Desmodus rotundus* (Chiroptera: Phyllostomidae) and the transmission of the rabies virus to livestock: A contact network approach and recommendations for surveillance and control. *Prev Vet Med* 2020;174:104809.
- 37.- Romero ML, Aguilar SA, Sanchez, HC. Murciélagos benéficos y vampiros, características, importancia, rabia y conservación. Mexico: AGT Editor SA; 2006.
- 38.- Delpietro HA, Russo RG, Carter GG, Lord RD, Delpietro GL. Reproductive seasonality, sex ratio and philopatry in Argentina's common vampire bats. *R Soc Open Sci* 2017;4:160959. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.160959>.

- 39.- Bárcenas-Reyes I, Nieves-Martínez DP, Cuador-Gil JQ, Loza-Rubio E, González-Ruíz S, Cantó-Alarcón GJ, Milian-Suazo F. Spatiotemporal analysis of rabies in cattle in central Mexico. *Geospat Health* 2019;14(2).
- 40.- Olival KJ. To cull, or Not to Cull, Bat is the Question. *EcoHealth* 2016;13:6-8.
- 41.- Woodroffe R, Donnelly CA, Jenkins HE, Johnston WT, Cox DR, Bourne FJ, *et al.* Culling and cattle controls influence tuberculosis risk for badgers. *Proc Natl Acad Sci USA* 2006;103:14713–14717.
- 42.- Mialhe P. Characterization of *Desmodus rotundus* (E. Geoffroy, 1810) (Chiroptera, Phyllostomidae) shelters in the Municipality of São Pedro - SP. *Braz J Biol* 2013;73(3):521–526.
- 43.- Hassell JM, Begon M, Ward MJ, Fèvre EM. Urbanization and disease emergence: Dynamics at the wildlife–livestock–human interface. *Trends Ecol Evol* 2016;32(1):55-67.
- 44.- Bobrowiec PED, Lemes MR, Gribel R. Prey preference of the common vampire bat (*Desmodus rotundus*, Chiroptera) using molecular analysis. *J Mammal* 2015;96(1):54-63.