



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA

PROGRAMAS MULTIDISCIPLINARIOS DE POSGRADO EN CIENCIAS
AMBIENTALES

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

**DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL RIESGO DE RABIA HUMANA TRANSMITIDA
POR EL MURCIÉLAGO VAMPIRO (DESMODUS ROTUNDUS) EN EL ESTADO DE
SAN LUIS POTOSÍ.**

PRESENTA:

Juan Javier Galicia Castillo

DIRECTOR DE TESIS:

Dra. María Guadalupe Galindo Mendoza

ASESORES:

Dr. Guillermo Espinosa Reyes

Dr. Valente Vázquez Solís

31 de agosto de 2015

CRÉDITOS INSTITUCIONALES

PROYECTO REALIZADO EN:

**COORDINACIÓN PARA LA INNOVACIÓN Y APLICACIÓN DE LA CIENCIA Y LA
TECNOLOGÍA (CIACYT).**

CON FINANCIAMIENTO DE:

Laboratorio Nacional de Geoprocusamiento de Información Fitosanitaria (LanGIF).

A TRAVÉS DEL PROYECTO DENOMINADO:

Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (SINAVEF)

AGRADEZCO A CONACyT EL OTORGAMIENTO DE LA BECA-TESIS

Becario No. 541133

**LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES RECIBE APOYO ATRAVÉS
DEL PROGRAMA NACIONAL DE POSGRADOS DE CALIDAD (PNPC)**

DEDICATORIA

*A mi hija Sofía,
a quien pertenece
todo cuanto soy y seré.*

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, a quienes debo lo que soy. Por su apoyo durante mi infancia, formación e incluso hoy en día, ¡GRACIAS!

A mi esposa, por compartir conmigo los momentos felices y apoyarme en los difíciles.

A mi hija por su amor incondicional.

A la Dra. Guadalupe Galindo por brindarme la oportunidad de realizar ésta investigación bajo su dirección.

Al Dr. Guillermo Espinosa y el Dr. Valente Vázquez Solís, por su apoyo y orientación durante la investigación.

Al Biol. Ignacio Amezcua por aportar valiosa información, así como por ampliar mi conocimiento en el tema con su experiencia.

A mis hermanos, de quienes jamás había estado separado por tantos kilómetros ni por tantos meses y aun así los siento más cerca que nunca.

A mis suegros, quienes, sin un lazo de sangre que los una a mí, me han ofrecido su ayuda desinteresada.

A Perla y Angélica por su amistad sincera, sus sabios consejos y su valioso apoyo.

Al equipo del LANGIF: Luis, Claudia, Guillermo, Enrique, Marcos, Rogelio, Alejandro, Joel, Raúl, Margarita y Gladys, por orientarme y apoyarme cuando acudí a ellos.

INDICE

Índice de figuras	9
Índice de tablas	11
Introducción	12
Capítulo 1. Epidemiología de la Rabia transmitida por murciélago vampiro.....	16
Historia	18
Situación actual	21
La rabia en América	23
La rabia en México	24
Virología	26
Agente	26
Ecología de la Rabia.....	30
Ciclo Urbano	31
Ciclo silvestre/terrestre.....	31
Ciclo aéreo.....	35
Transmisión	37
Manifestaciones clínicas	40
Diagnóstico.....	42
Inmunofluorescencia directa	43
Inmunohistoquímica	45
Prueba biológica.....	45
Cultivo celular.....	46
Tratamiento.....	47
Prevención.....	49
Control.....	50
Factores de riesgo	53
Tendencia	54
Recapitulación	58
Capítulo 2. Caracterización del Murciélago Vampiro (<i>Desmodus rotundus</i>).....	59

Introducción.....	59
Importancia de los murciélagos.....	59
Diversidad de murciélagos.....	61
Los murciélagos hematófagos.....	65
Desmodus rotundus.....	65
Distribución y hábitat.....	66
Alimentación.....	68
Ciclo de vida.....	69
Organización social y comportamiento.....	71
Simbolismo, culto y percepción.....	73
Actualidad.....	73
Mesoamérica Precolombina.....	76
Resumen.....	81
Capítulo 3. Vigilancia de la rabia.....	83
Vigilancia epidemiológica.....	83
Tipos de vigilancia.....	84
Vigilancia de la rabia en México.....	85
Notificación.....	88
Seguimiento.....	88
Cierre.....	89
Infraestructura.....	89
Recursos.....	91
Vigilancia en San Luis Potosí.....	92
Vigilancia de EBLV en Europa.....	94
Resumen.....	96
Metodología.....	97
Descripción del sitio.....	97
Riesgo.....	99
Distribución potencial de vampiros infectados.....	101
Presencia de hábitat natural para murciélagos vampiro.....	108

Presencia de refugios artificiales para murciélagos vampiro.....	109
Densidad de ganado.....	111
Población infantil.....	113
Acceso a servicios de salud	114
Marginación	116
Clasificación.....	117
Ponderación	119
Mapa de riesgo.....	121
Resultados	123
Distribución potencial de vampiros infectados.....	123
Presencia de hábitat natural para murciélagos vampiro	125
Presencia de refugios artificiales para murciélagos vampiro.....	126
Densidad de ganado.....	127
Población infantil.....	128
Acceso a servicios de salud	129
Marginación	131
Ponderación	133
Riesgo	135
Conclusiones	141
Recomendaciones	144
Referencias.....	146

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Casos de rabia en el estado (2001-2013) (CEFPPSLP, 2014).	26
Figura 2. Virus de la rabia (McColl et al., 2000).	27
Figura 3. Ciclos de transmisión de la rabia (elaboración propia).	30
Figura 4. Mapa de densidad de casos de rabia del ciclo silvestre/terrestre en Europa y la Federación Rusa (World Health Organization, 2014).	32
Figura 5. Distribución de las principales variantes del virus de la rabia en carnívoros medianos de Estados Unidos (Blanton, Palmer, Dyer, y Rupprecht, 2011).	34
Figura 6.- Cadena infecciosa de la rabia transmitida por murciélagos vampiro (elaboración propia).	37
Figura 7. Algoritmo de diagnóstico de rabia (InDRE, 2014).	43
Figura 8. Aplicación de ungüento vampiricida (Flores, 2003).	52
Figura 9. Relación El Niño/Niña y los reportes de agresiones de murciélagos en San Luis Potosí (COEPRIS, 2014; NOAA, 2015).	56
Figura 10.- Relación El Niño/Niña y los reportes de agresiones de murciélagos en San Luis Potosí (NOAA, 2015; PANAFTOSA - OPS/OMS, 2014).	56
Figura 11.- Avance de la rabia paralítica bovina hacia el área metropolitana de San Luis Potosí (elaboración propia).	57
Figura 12. Distribución Potencial de especies de murciélagos reportadas para San Luis Potosí (Ceballos, 2002; García-Morales y Gordillo-Chávez, 2011).	63
Figura 13.- Murciélagos vampiro (<i>Desmodus rotundus</i>) (Ceballos y Gisselle, 2005).	66
Figura 14.- Distribución de <i>Desmodus rotundus</i> (Ceballos, Blanco, González, y Martínez, 2006; Greenhall et al., 1983).	67
Figura 15. <i>El arcángel san Miguel y los ángeles caídos</i> (Giordano, 1666).	75
Figura 16.- Altar de los animales de la muerte (Díaz, 2008).	78
Figura 17.- a) Códice Fejervary-Mayer p. 41, b) Códice Vaticano b, p. 24.	78
Figura 18.- Estados con laboratorios equipados para el diagnóstico de rabia (InDRE, 2014; SENASICA, 2014a).	90
Figura 19.- Presupuesto destinado al control de la rabia transmitida por murciélagos en especies ganaderas a nivel nacional (Cortés, 2013; SAGARPA y SENASICA, 2011).	92
Figura 20.- Distribución del presupuesto para sanidades del Programa de Prevención y Manejo de Riesgos en el estado de San Luis Potosí (SAGARPA y SENASICA, 2011).	92
Figura 21.- Distribución de ataques de murciélagos a personas (COEPRIS, 2014).	94
Figura 22. Localización de San Luis Potosí (elaboración propia).	98
Figura 23. Climas de San Luis Potosí (elaboración propia).	99
Figura 24.- Conceptualización del riesgo e indicadores (elaboración propia).	101
Figura 25. Rabia en especies ganaderas (no bovinos) y silvestres (CEFPPSLP, 2014).	103
Figura 26. Rabia en ganado bovino (CEFPPSLP, 2014).	104

Figura 27. Hábitat del murciélago vampiro (elaboración propia).	109
Figura 28. Refugios de murciélago vampiro en San Luis potosí (elaboración propia).	111
Figura 29. Densidad de ganado bovino en San Luis Potosí (Wint y Robinson, 2007).	112
Figura 30. Población rural infantil en San Luis Potosí (elaboración propia).	114
Figura 31. Centros de asistencia médica por municipio (elaboración propia).....	115
Figura 32. Centros de asistencia médica en zonas rurales de San Luis Potosí (elaboración propia).	116
Figura 33. Grado de marginación por localidad en zonas rurales de San Luis potosí (elaboración propia).	118
Figura 34.- Calculo de una capa raster mediante la superposición ponderada (elaboración propia).	122
Figura 35. Distribución potencial de murciélagos vampiro infectados con el virus de la rabia (elaboración propia).....	124
Figura 36. Curva ROC del modelo de distribución potencial.	124
Figura 37. Cercanía a bosques, selvas y formaciones calizas (elaboración propia).	125
Figura 38. Disponibilidad de refugios artificiales para el murciélago vampiro (elaboración propia).	126
Figura 39. Densidad de ganado bovino (Wint y Robinson, 2007).	128
Figura 40. Población infantil (elaboración propia).....	129
Figura 41. Acceso a servicios de salud (elaboración propia).....	130
Figura 42. Marginación en San Luis Potosí (elaboración propia).....	132
Figura 43. Importancia de los componentes y subcomponentes del riesgo de transmisión de rabia por murciélago vampiro (elaboración propia).	133
Figura 44. Histograma de valores del mapa de riesgo y categorías (elaboración propia).....	136
Figura 45. Superficie ocupada por cada categoría de riesgo (elaboración propia).	136
Figura 46. Mapa de riesgo de infección de rabia transmitida por murciélago vampiro (elaboración propia).	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Casos humanos de rabia en América Latina.....	24
Tabla 2. Virus incluidos actualmente en el del genero Lyssavirus	29
Tabla 3. Clasificación de riesgos de infección por rabia.....	47
Tabla 4.- Factores de riesgo para la infección por rabia trasmitida por murciélago vampiro.	54
Tabla 5.- Especies de murciélagos reportadas para San Luis potosí.....	64
Tabla 6.- Taxonomía del vampiro.....	66
Tabla 7.- Nombres del murciélago en lenguas mesoamericanas.....	76
Tabla 8. Casos de rabia utilizados en el modelo MaxEnt.	102
Tabla 9. Variables bioclimáticas usadas en el modelo de máxima entropía.....	105
Tabla 10. Variables bioclimáticas y sus respectivos pesos en un primer modelo de distribución..	106
Tabla 11. Variables bioclimáticas fuertemente correlacionadas.	107
Tabla 12. Variables bioclimáticas y sus respectivos pesos en el segundo modelo de distribución para <i>D. rotundus</i>	108
Tabla 13. Componentes del índice de marginación.	117
Tabla 14. Escala de comparación para el análisis jerárquico.	119
Tabla 15. Matriz de comparación de factores de riesgo.....	119
Tabla 16. Matriz de comparación de factores de peligro.	120
Tabla 17. Matriz de comparación de factores de susceptibilidad y resiliencia.....	120
Tabla 18. Grados de marginación a nivel municipal y local.	131
Tabla 19. Límite de la Proporción de Consistencia	134
Tabla 20. Ponderación de los factores del riesgo.....	135
Tabla 21. Población en riesgo por municipio.	139
Tabla 22. Matriz de correlación de personas agredidas por murciélagos y la población en los diferentes grados de riesgo.....	140

INTRODUCCIÓN

Cada día las personas se enfrentan a una variedad de amenazas a su salud. Las enfermedades infecciosas representan una parte importante de estas amenazas. Se estima que existen alrededor de 1,415 diferentes patógenos causantes de enfermedades en la población y un 61% son de carácter zoonótico, es decir, se transmiten de manera natural de algún animal vertebrado al humano (L. H. Taylor, Latham, y Woolhouse, 2001).

Entre las enfermedades zoonóticas más temidas está la rabia. Ésta es causada por un virus que afecta el sistema nervioso central y se transmite a través de la mordida de un animal rabioso (Llamas López y Orozco Plascencia, 2009). La rabia es mortal e incurable una vez que se presentan los síntomas, sin embargo la atención médica inmediata y un esquema de vacunación completo pueden prevenir la aparición de los síntomas y su desenlace fatal (Takayama, 2008).

La rabia se encuentra distribuida en todo el mundo con excepción de Australia, Antártica y algunas islas. En países de África y Asia la infección del virus de la rabia ocasiona más de 50,000 muertes cada año (World Health Organization, 2013). En estas regiones el virus de la rabia es transmitido a través del perro principalmente, sobre todo en áreas urbanas. Pero especies de animales silvestres como los chacales, mangostas o zorros son capaces de mantener en circulación el virus en zonas rurales y contagiarlo a la población humana (World Health Organization, 2013).

En América Latina y El Caribe la rabia de origen canino ha disminuido en más del 90% gracias a las acciones de control implementadas desde 1983 (World Health Organization, 2013). Sin embargo el virus ha seguido circulando en especies silvestres y contagiando a personas. Pero a diferencia de otros continentes, en América existe una especie con un potencial mayor que el resto para transmitir el virus rábico, el murciélago vampiro (*Desmodus rotundus*).

El murciélago vampiro es de hábitos hematófagos. Su alimentación está basada exclusivamente en sangre y para obtenerla muerde a su víctima y lame la herida (Greenhall, Joermann, Schmidt, y Seidel, 1983). Si el murciélago vampiro es portador del virus de la rabia contagia a su víctima durante este contacto. La principal diferencia con otras especies transmisoras del virus es que el murciélago vampiro ataca sistemáticamente en busca de alimento, mientras que los ataques de zorros, zorrillos, coyotes o mapaches (especies involucradas en la transmisión de la rabia en América) son circunstanciales.

Actualmente en América Latina más del 50 % de los casos de rabia en humanos son ocasionados por murciélagos vampiro (PANAFTOSA - OPS/OMS, 2014). Estos ocurren generalmente en pequeñas localidades rurales alejadas de los servicios de salud, donde las condiciones de vida son precarias (Delpietro y Russo, 1996; Schneider y Santos, 1995; Schneider et al., 2009). Allí la población más afectada son los menores de 15 años (Ormaeche, 2007; Schneider y Santos, 1995).

En México encontramos condiciones similares en algunos estados. Tal es el caso de San Luis Potosí donde 921,663 personas viven en zonas rurales y el 85% de ellas se encuentra en alta o muy alta marginación (De la Vega, Téllez, y López, 2010). Además San Luis Potosí es el segundo estado en cantidad de brotes de rabia en especies ganaderas (SENASICA, 2014b) la cual también es transmitida por el murciélago vampiro.

Cumpliendo el estado de San Luis Potosí con estas características es de esperar la ocurrencia de casos de rabia humana transmitida por murciélago vampiro. No obstante en los últimos 20 años solo se ha registrado un caso de rabia (PANAFTOSA - OPS/OMS, 2014). Éste ocurrió en 2005 y la especie responsable fue un murciélago insectívoro (Servicios de salud de San Luis Potosí, 2014a).

Anualmente acuden 11 persona en promedio a alguno de los centros de atención medica del estado para recibir profilaxis por ataque de murciélago (COEPRIS, 2014). Más de tres cuartas partes de las agresiones ocurren en de la región Huasteca. Pero el número real de personas agredidas es desconocido y el riesgo de contraer rabia esta subestimado.

El presente trabajo tiene por objetivo general detectar y cartografiar las zonas de riesgo para la infección de la población humana por el virus de la rabia transmitido por el murciélago vampiro (*Desmodus rotundus*) en el estado de San Luis Potosí.

Para lograrlo se plantearon tres objetivos específicos. 1) Adoptar una definición de riesgo adecuada al problema de la rabia; 2) Identificar los factores de riesgo recurrentes en brotes de rabia humana transmitida por murciélago vampiro y; 3) Ubicar las regiones del estado donde están presentes estos factores de riesgo.

CAPÍTULO 1. EPIDEMIOLOGIA DE LA RABIA TRANSMITIDA POR MURCIÉLAGO VAMPIRO.

La mayor parte de las enfermedades transmisibles que afectan al ser humano tienen su origen en los animales vertebrados. A estas enfermedades se les conoce como zoonosis y muchas de ellas afectan a la población que habita en ambientes naturales donde la interacción con la fauna silvestre es más frecuente. Una de las enfermedades zoonóticas más conocidas es la rabia. Esta enfermedad se encuentra en prácticamente todo el mundo y causa miles de muertes cada año, aunque la mayor parte ocurren en Asia y África. La Organización Mundial de la Salud ha catalogado a la rabia entre las enfermedades desatendidas pues afecta principalmente a la población marginada en las zonas rurales y alejadas de los servicios de salud.

La rabia es una enfermedad bien conocida desde hace miles de años y se reconoce desde entonces a los perros como los principales transmisores, sin embargo no son los únicos. El virus causante de la rabia se puede propagar por muchas especies, todas ellas mamíferos. La rabia puede circular en poblaciones de lobos, zorros, mapaches, mangostas, coyotes, zorrillos, y murciélagos entre otras especies.

La diversidad de reservorios del virus hace que la enfermedad se comporte de maneras distintas y que se empleen diferentes estrategias para su prevención y control. Se pueden distinguir tres formas diferentes en que la rabia circula y se

contagia. El ciclo urbano conformado principalmente por los perros y en especial los callejeros, el ciclo silvestre/terrestre en el que actúan como reservorio una gran diversidad de mamíferos y el ciclo aéreo, exclusivo de los murciélagos. Es en esta modalidad que se presenta una forma particular de la rabia conocida como derriengue, mal de caderas o rabia parálitica bovina. Llamada así debido a que causa parálisis en los animales afectados, que principalmente son bovinos. El responsable de transmitir este tipo de rabia es el murciélago vampiro que también pueden atacar a otras especies tanto silvestres como domésticas e incluso al humano.

La prevalencia de rabia humana en América es baja, pero la importancia de esta enfermedad radica más en sus consecuencias que en la cantidad de personas afectadas. La rabia es siempre mortal una vez que se presentan los primeros síntomas y no existe cura, además sus manifestaciones clínicas la hacen una de las enfermedades más temidas. El signo clínico más llamativo y con el que se relaciona siempre a la rabia es la hidrofobia. En las etapas finales de la enfermedad la persona experimenta dolor al tratar de deglutir lo que hace que no pueda ingerir alimentos ni tomar agua. Lo peor es que la persona siente a la vez sed y temor de beber.

La Secretaría de Salud (SSA) ha actuado previniendo y tratando la rabia humana, pero sus esfuerzos están principalmente dirigidos a evitar el contagio de rabia urbana, mientras que la rabia transmitida por el vampiro es un problema del

que se hace cargo la secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SGARPA) con el objetivo principal de evitar pérdidas en la producción pecuaria. Sin embargo la rabia parálitica bovina, por ser una zoonosis, es un problema que exige una estrecha colaboración entre los organismos encargados de la salud y la sanidad animal, pero también la vida silvestre. Tal articulación es inexistente.

Otro problema es que la forma en que se previene la este tipo de rabia en el país involucra el control de poblaciones de vampiros, matándolos indiscriminadamente. Las poblaciones de estos murciélagos han aumentado demasiado debido que la ganadería los ha favorecido ofreciéndoles una fuente abundante de sangre por lo que la muerte de miles de vampiros cada año podría no representar un peligro para la especie, sin embargo los controles de las poblaciones de vampiros se llevan a cabo sin conocer el estado de salud de los mismos. Vampiros tanto sanos como rabiosos son tratados por igual.

HISTORIA

La rabia en el perro es una enfermedad bien conocida desde hace milenios. La referencia más antigua que se puede encontrar sobre este mal está redactada en el código de Eshunna (Mesopotamia) que data de 2,300 a. C. que establecía sanciones para los dueños de perros rabiosos que mordieran y causaran la muerte de algún hombre. 40 siclos de plata si se trataba de un hombre y 15 si era un esclavo (M. F. Muñoz, 1990).

En la antigua Grecia se conocía a la rabia por el nombre “Lyssa”, palabra que, según antiguos etimólogos, tiene sus raíces en *lýsis* (λύσις) cuyo significado es ruptura o disociación, tal nombre sugiere una relación con los síntomas de la enfermedad pues las facultades racionales de las personas y animales que la padecen se “disuelven”. También se le asocia con *Lýkos* (λύκος) que significa lobo, lo que alude a una creencia animalista de que la locura provocada por la rabia deriva de la absorción de una naturaleza bestial (King, 2004).

Incluso en la literatura antigua podemos encontrar referencias sobre la rabia. Un buen ejemplo lo tenemos en la *Ilíada* de Homero (S. VIII a. C.) cuando Teucro se refiere a Héctor, príncipe de Troya, como “perro rabioso”.

Sin embargo la primer descripción médica de la rabia fue hecha mucho tiempo después por Demócrito (c. 460-370 a. C.), quien dijo que la rabia en el perro es “una inflamación de los nervios”, aunque sin hacer mención del padecimiento en el humano (King, 2004; M. F. Muñoz, 1990). Posteriormente Aristóteles (384-322 A. C.) menciona que la rabia es una de las tres enfermedades de los perros, que le produce locura y muerte de la misma manera que a cualquier animal que este muerda con excepción del hombre (Aristóteles, 1990).

Pero aunque se conocía desde hacía tiempo la rabia como un mal de los canidos transmisible al humano y a pesar de contar con registros de ataques por vampiros en las américas con consecuencias fatales no se sospechaba de los

murciélagos como portadores de la rabia. Solo hasta el siglo XX se daría este hallazgo.

Ya en 1514 Fernández de Oviedo, Cronista y colonizador español, describe el ataque de murciélagos vampiro en Panamá, causando la muerte de muchos de sus hombres. Pero en aquel entonces se creía que la muerte era ocasionada por el desangramiento. El mismo autor escribió que los murciélagos sacan tanta sangre que no se puede creer sin verlo (Fernández De Oviedo, 1950).

Solo a principios del siglo XX, a raíz de una epizootia que mato alrededor de 4,000 cabezas de ganado bovino en Brasil se sospechó de la transición de rabia por una especie de murciélago. Muestras de encéfalo de bovinos del estado de Santa Catarina, donde ocurrieron las muertes, presentaron cuerpos de Negri, lo que constataba que la enfermedad que les causó la muerte era la rabia. Sin embargo la cantidad de perros rabiosos en el área no explicaba las proporciones de la epizootia y los testimonios de los pobladores sobre vampiros alimentándose del ganado a pleno día apuntaban hacia un origen silvestre de la enfermedad (Carini, 1911). En 1920 se comprobó la infección de diferentes especies de murciélagos por Lima y Torres quienes encontraron que los murciélagos hematófagos son excelentes huéspedes y transmisores del virus y que en ellos la rabia es más frecuente en los que los frugívoros (Acha, 1968).

Posteriormente, una enfermedad paralítica y mortal, diagnosticada inicialmente como botulismo, afecto el ganado de Trinidad en 1925 y cuatro años después

comenzaron a aparecer casos humanos. El Dr. Pawan logro aislar el virus de la rabia de tres especies de murciélagos en 1931 y afirmo que los vampiros eran los principales transmisores en esta epidemia (Acha, 1968). En total 89 personas fallecieron a causa de esta epidemia de rabia que se extendió desde 1929 hasta 1937, principalmente a niños (<15 años). Este evento representó el primer caso de una zoonosis transmitida por murciélagos (Mungrue, 2010).

Los primeros casos de rabia humana transmitida por murciélagos fuera de la isla de Trinidad ocurrieron en Sinaloa, México en el año 1951. Entonces diez personas fueron mordidas por un murciélagos, cinco de ellos presentaron signos de rabia paralítica y fallecieron (Malaga y Campillo, 1957).

SITUACION ACTUAL

La rabia humana de origen canino es una de las enfermedades más temidas en el mundo por la mortalidad que presenta y la sintomatología que la acompaña. Europa occidental, Canadá, estado unidos, Australia y Japón se encuentran libres de este problema, mientras que las regiones de Asia y África son, por mucho, las más afectadas. Se estima que allí cada año mueren más de 30,000 y 20,000 personas respectivamente por esta causa (World Health Organization, 2013).

En América Latina y El Caribe, aunque no se ha erradicado, los programas de control antirrábico llevados a cabo durante los últimos 20 años han logrado reducir significativamente los casos de rabia transmitida por el perro (World

Health Organization, 2013). Actualmente los casos reportados anualmente no exceden los 10 (PANAFTOSA - OPS/OMS, 2014).

LA RABIA EN AMÉRICA

La rabia en América Latina no es un problema que esté controlado. Si bien el perro es el principal transmisor del virus, específicamente en el continente americano lo son las especies silvestres (Tabla 1). En el ambiente silvestre el virus de la rabia puede circular en una gran variedad de especies de carnívoros (como zorrillos, zorros, mapaches, etc.) y quirópteros (murciélagos frugívoros, insectívoros o hematófagos), pero la mayor parte de los casos de rabia humana son atribuibles a murciélagos vampiros (*Desmodus rotundus*).

En los últimos diez años solo 155 (37%) de los 423 casos de rabia humana reportados en América Latina fueron ocasionados por perros, en cambio 240 (57%) lo fue por alguna especie de murciélago, de los que la gran mayoría (222) se debieron a murciélagos hematófagos (PANAFTOSA - OPS/OMS, 2014).

Tabla 1. Casos humanos de rabia en América Latina (PANAFTOSA - OPS/OMS, 2014).

Especie agresora	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Total
Perro	21	15	30	16	16	13	6	24	9	5	155
Murciélago											
‣ Hematófago	49	55	4	24	4	20	17	33	11	5	222
‣ No-hematófago	1	5	1	-	-	-	1	-	-	-	8
‣ No Informado	-	-	-	3	2	4	1	-	-	-	10
Otro											
‣ Gatos	1	-	1	-	2	3	3	-	-	-	10
‣ Bovinos	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-	3
‣ Equinos	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
‣ Zorros	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	3
‣ Mono	-	1	-	-	1	-	1	-	1	1	5
‣ Mangostas	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
‣ Venados	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
‣ Zorrillos	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
‣ No Informado	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	3
Total	74	78	37	46	25	42	30	58	22	11	423

LA RABIA EN MÉXICO

Nuestro país se encuentra en el sexto lugar, a nivel continental, en casos de rabia humana en la última década y en el cuarto si solo consideramos la transmitida por los murciélagos. Los estados con mayor incidencia de rabia humana transmitida por murciélagos, en el periodo de 2004 a 2013, son Michoacán, Nayarit y Jalisco con 5, 4 y 3 casos respectivamente (PANAFTOSA - OPS/OMS, 2014). Mientras que en el estado de San Luis Potosí, en este periodo, solo se ha reportado un caso, el cual ocurrió en 2005 cuando una niña de 5 años murió de rabia a causa de la mordida de un murciélago insectívoro (*Tadarida brasiliensis*) en el municipio de Santa María del Río (Servicios de salud de San

Luis Potosí, 2014b). No obstante los datos anteriores San Luis Potosí, de acuerdo a SENASICA (2014b). se encuentra en entre los estados con mayor cantidad de brotes de rabia en el ganado, conocida como rabia parálitica bovina, la cual es transmitida por el murciélago vampiro (*D. rotundus*). Estos ocurren en mayor medida (74%) en la región huasteca (CEFPPSLP, 2014) donde habita más de un cuarto de la población potosina (INEGI, 2010) la cual, en su mayoría, presenta condiciones de alta y muy alta marginación (De la Vega et al., 2010). Pero aun cuando en la región no se tengan reportados casos de rabia en los últimos años, debemos tomar en cuenta que las características de la población podría propiciar una falta de reporte por desinterés, desconocimiento o por el simple hecho de no hablar el bien el español, pues las comunidades de esta zona son en su mayoría indígenas (CDI, 2010) (Figura 1).

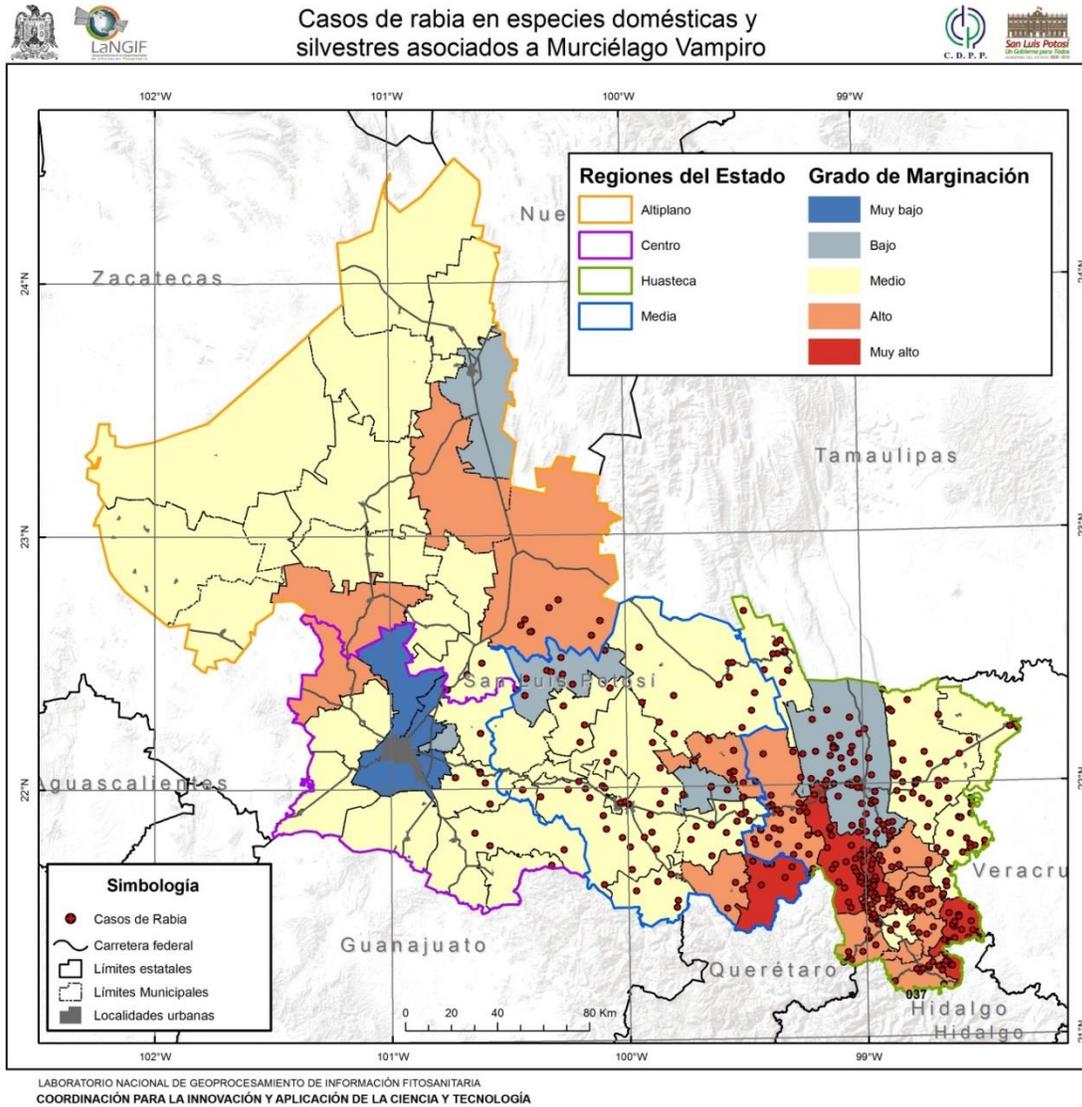


Figura 1.- Casos de rabia en el estado (2001-2013) (CEFPPSLP, 2014).

VIROLOGÍA

AGENTE

La rabia es causada por un virus perteneciente al género *Lyssavirus* de la familia *Rhabdoviridae* dentro del orden *Mononegavirales*. Este género incluye diversos virus serológicamente relacionados que pueden causar enfermedades en

el humano clínicamente indistinguibles de la rabia (Takayama, 2008). Es extremadamente neurotrópico (McColl, Tordo, y Aguilar, 2000), es decir tiene una gran afinidad por células nerviosas.

El virón maduro mide 180 x 75 nm y tiene forma similar a una bala. Se compone de un núcleo helicoidal de RNA envuelto por nucleoproteínas (nucleocapside) que está a su vez rodeado por una membrana matriz lipoproteica de 7.5 a 10 nm de espesor y una capa de glicoproteínas que lo cubre con excepción de la porción plana (Figura 2) (Carrada-Bravo, 2004; Llamas López y Orozco Plascencia, 2009).

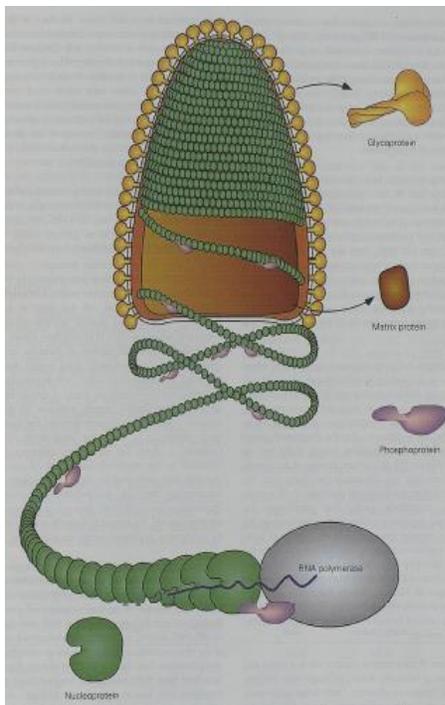


Figura 2. Virus de la rabia (McColl et al., 2000).

A la fecha se conocen 11 diferentes serotipos o “especies” de este género (Tabla 2). Diez de ellos tienen una distribución geográfica restringida y cuentan con una cantidad reducida de reservorios, casi todos murciélagos. Mientras que el serotipo conocido como virus de la rabia clásica o RABV, es cosmopolita y tiene una gran variedad de hospederos (World Health Organization, 2013).

Las presiones selectivas a las que se ha expuesto el virus RABV han ocasionado su evolución de manera que los cambios operados en su genoma

permitan la subsistencia de su ciclo de replicación viral (Loza y Aguilar, 1998). Dichos cambios ha hecho que este serotipo cuente con múltiples variantes antígenas asociadas a distintas especie. En México se distribuyen nueve de estas variantes (Velasco-villa et al., 2002), dos están asociadas al murciélago guanero (*Tadarida brasiliensis*), tres al vampiro (*D. rotundus*) y el resto a carnívoros (SSA, 2001).

El virus de la rabia es muy sensible a los factores ambientales. No tolera niveles de pH por debajo de 3.0 o por encima de 11.0 y La luz ultravioleta, la luz solar, la desecación, el formaldehido o la tripsina lo inactivan (Carrada-Bravo, 2004) al igual que los antisépticos más comunes como el jabón, el hipoclorito de sodio o de potasio (Vargas y Cárdenas, 1996).

Tabla 2. Virus incluidos actualmente en el del genero *Lyssavirus* (World Health Organization, 2013).

Serotipo	Reservorios	Distribución
Virus de la rabia (RABV)	Carnívoros y murciélagos	Animales terrestres de todo el mundo, excepto Australia, Antártica y algunas islas; Murciélagos de América.
Lyssavirus de murciélago australiano (ABLV)	Zorros voladores (<i>Pteropus spp.</i>) y murciélago insectívoro (<i>Saccolaimus albiventris</i>)	Australia
Lyssavirus de murciélago europeo tipo 1 (EBL1)	Murciélagos insectívoros (predominantemente <i>Eptesicus serotinus</i>)	La mayor parte de Europa
Lyssavirus de murciélago europeo tipo 2 (EBL2)	Murciélagos insectívoros (predominantemente <i>Myotis daubentonii</i> and <i>M. dasycneme</i>)	Europa noroccidental
Virus Khujand (KHUV)	Murciélago insectívoro <i>Myotis mystacinus</i>	Asia central
Virus Aravan (ARAV)	Murciélago insectívoro <i>Myotis blythi</i>	Asia central
Lyssavirus del murciélago de Bokeloh (BBLV)	Murciélago insectívoro <i>Myotis nattereri</i>	Alemania y Francia
Virus Irkut (IRKV)	Murciélago insectívoro <i>Murina leucogaster</i>	Asia oriental
Virus Duvenhage (DUVV)	Murciélagos insectívoros	África subsahariana
Virus del murciélago de Lagos (LBV)	Zorros voladores (<i>Pteropodidae</i>)	África subsahariana
Virus Mokola (MOKV)	Desconocido	África subsahariana
Virus del murciélago de Shimoni (SHIBV)	Murciélago insectívoro <i>Hipposideros commersoni</i>	Kenia
Virus del murciélago caucásico del oeste (WCBV)	Murciélagos insectívoros (<i>Miniopterus spp.</i>)	Sureste de Europa
Lyssavirus Ikoma (IKOV)	Desconocido	Tanzania

ECOLOGÍA DE LA RABIA

La gran variedad de hospederos y transmisores de la rabia hace necesaria una distinción de la enfermedad, con fines prácticos para su prevención y control, basada en la forma en que el virus se mantiene en las poblaciones de animales y se transmite a otras especies. Esta distinción da lugar a dos ciclos de transmisión bien diferenciados y ampliamente aceptados, el ciclo urbano y el ciclo silvestre o selvático (Hernández Baumgarten, 1976, Vargas García y Cárdenas Lara, 1996). Otros autores, en cambio, prefieren manejar un ciclo terrestre y otro aéreo (Figura 3) (Loza-rubio et al., 1999). La rabia transmitida por murciélagos vampiro se comporta de manera muy diferente a la rabia en especies terrestres dadas la capacidad de dispersión del murciélagos y sus hábitos hematófagos.

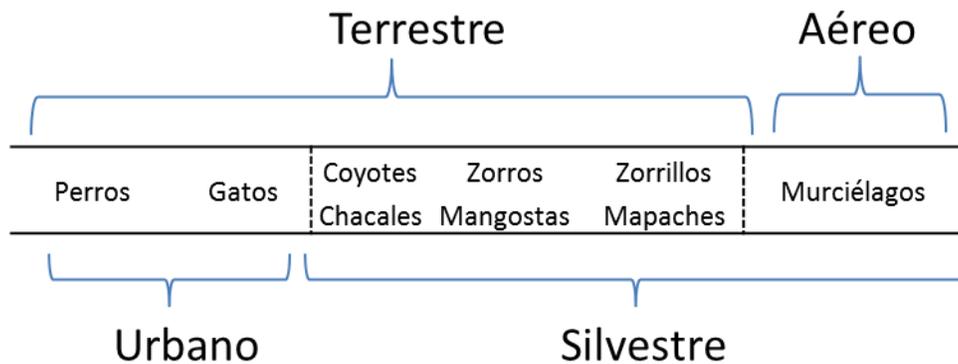


Figura 3. Ciclos de transmisión de la rabia (elaboración propia).

CICLO URBANO

En las zonas urbanas el virus rábico se mantiene en las poblaciones de perros, gatos y otras especies domésticas. En este ciclo los perros callejeros son los principales transmisores. La abundancia de estos animales garantiza la circulación y permanencia del virus aun en ausencia de contacto con especies silvestres transmisoras en la periferia del área urbana (Vargas y Cárdenas, 1996).

Casi la totalidad de los casos de rabia humana ocurridos en los países en desarrollo, donde el control antirrábico no es el adecuado, pertenecen a este tipo de rabia (Llamas López y Orozco Plascencia, 2009). En América Latina los casos de rabia humana transmitida por perros se han reducido en un 90% gracias a la implementación del “Plan de Acción para la Eliminación de la Rabia Urbana de las Principales Ciudades de Latinoamérica” en 1993 (PANAFTOSA - OPS/OMS, 2009). La principal estrategia para el control de la enfermedad propuesta por la OMS es la vacunación masiva de perros.

CICLO SILVESTRE/TERRESTRE

Este ciclo es el que cuenta con la mayor diversidad de especies transmisoras, diversidad que depende del área geográfica de que se trate. En Europa por ejemplo los principales reservorios son zorros rojos (*Vulpes vulpes*) que durante la segunda guerra mundial protagonizaron una epizootia que se expandió desde Rusia y Polonia hacia el occidente (King, 2004); y los perros mapache (*Nyctereutes procyonoides*) que se han visto involucrados en el mantenimiento de

la rabia en el noreste europeo (World Health Organization, 2005). Estos últimos fueron introducciones a la porción oeste de la Ex Unión Soviética desde Asia. Actualmente la rabia en especies silvestres terrestres se presenta en mayor densidad en la Europa oriental en países como Estonia, Lituania, Bielorrusia, Letonia, Ucrania y Rumania, donde el zorro representa más de tres cuartas partes de los casos (World Health Organization, 2014) (Figura 4).

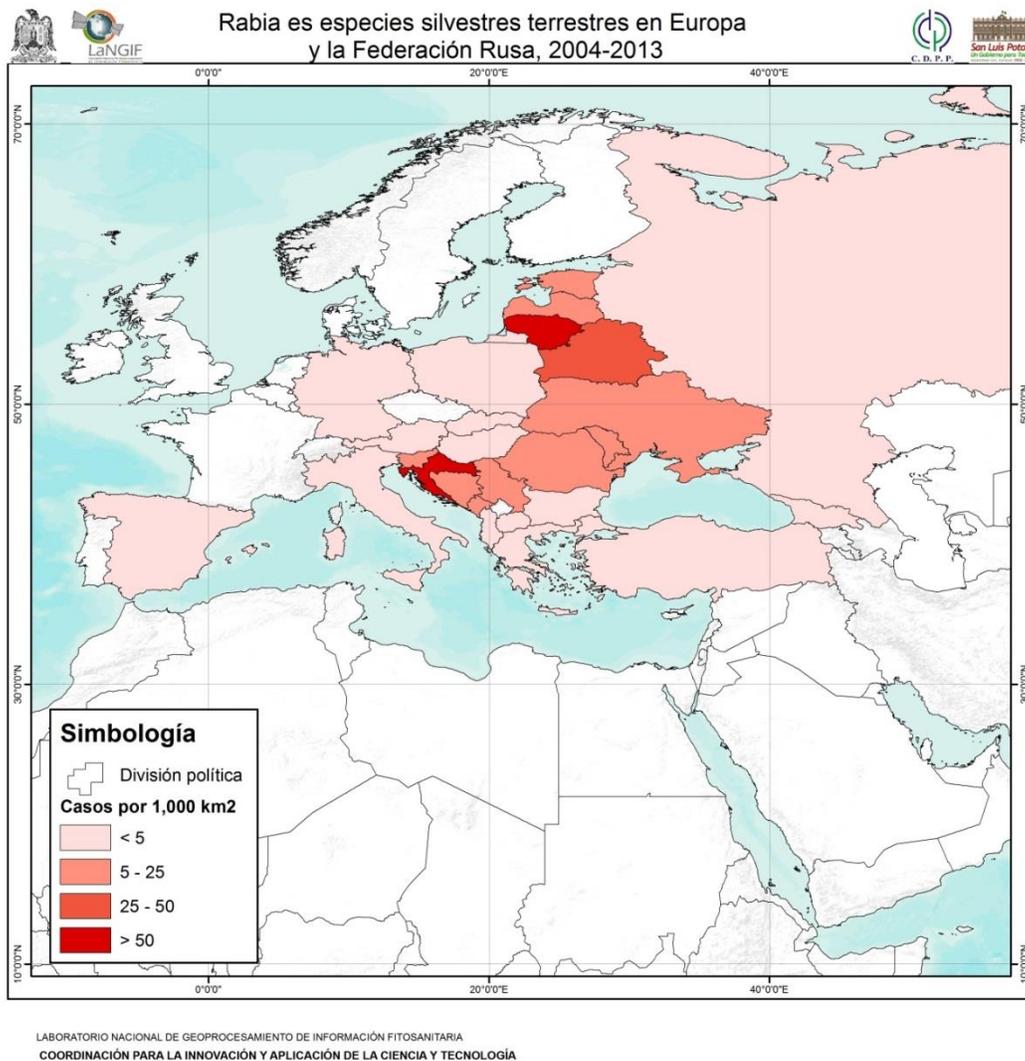


Figura 4. Mapa de densidad de casos de rabia del ciclo silvestre/terrestre en Europa y la Federación Rusa (World Health Organization, 2014).

En África los chacales (*Canis mesomelas* y *C. adustus*) se han visto afectados en importantes brotes rábicos y epizootias (King, 2004); los zorros orejados (*Otocyon megalotis*) han sido reconocidas junto con los chacales como los principales hospederos del virus (World Health Organization, 2013); y las mangostas amarillas (*Cynictis penicillata*) son las portadoras del virus en el sur del continente (Organizacion Mundial de Salud Animal, 2009).

En Asia la circulación del virus se debe a las poblaciones de zorros rojos (*V. vulpes*) en los bosques y estepas del continente; en el oriente de Rusia a los perros mapache (*Nyctereutes procyonoides*); y al tejón turón chino (*Melogale moschata*) en el sur de China (World Health Organization, 2013).

En Norte América después del efectivo control de la rabia urbana los casos de rabia silvestre se hicieron notorios. Los zorros árticos (*Alopex lagopus*) son los principales hospederos en las regiones polares; los zorros rojos (*V. vulpes*) en Alaska y Canadá; los mapaches (*Procyon lotor*) en el este y los zorrillos (*Mephitis mephitis*) en las llanuras centrales y California (World Health Organization, 2013) (Figura 5).



Figura 5. Distribución de las principales variantes del virus de la rabia en carnívoros medianos de Estados Unidos (Blanton, Palmer, Dyer, y Rupprecht, 2011).

En las islas caribeñas de Cuba, Puerto Rico y República Dominicana la rabia silvestre es un problema sanitario importante que tiene su origen en la mangosta (*Herpestes auropunctatus*), especie originaria India, que fue introducida a las islas como control biológico de roedores en la década de 1870 y que actualmente es el principal huésped del virus rábico (King, 2004; PANAFTOSA - OPS/OMS, 2014; World Health Organization, 2013). En la porción continental de América la rabia del ciclo silvestre/terrestre se encuentra principalmente en especies del orden Carnívora como el zorro, zorrillo gato montés, puma, coyote, coatí, o mapache (Carrada-Bravo, 2004; PANAFTOSA - OPS/OMS, 2014).

CICLO AÉREO

Solamente las poblaciones de murciélagos del continente americano presentan el virus de la rabia (RABV). En el resto de los continentes estas especies se ven afectadas por otros virus del género *Lyssavirus* (Tabla 2) (World Health Organization, 2013).

entre las poblaciones de murciélagos de Europa distribuyen los virus conocidos como como *Lyssavirus* de murciélagos europeo (EBLV, por sus siglas en inglés) tipo 1 y 2, el virus de Bokeloh y el virus del murciélagos caucásico del oeste (Ministerio de Sanidad y Consumo, 2008; World Health Organization, 2013). Los países que presentan la mayor cantidad de murciélagos positivos en los últimos 10 años son Alemania, Países Bajos, Francia, Polonia y Dinamarca. En ellos se concentra más del 85% de los casos (World Health Organization, 2014). La especie más afectada es *Eptesicus serotinus*, un murciélagos insectívoro que prefiere utilizar refugios artificiales como juntas de dilatación en construcciones o cajas de persianas lo que aumenta la probabilidad de interacción y posible infección a humanos (Ibáñez, 2007).

En el continente africano se encuentran cinco serotipos, los virus Duvenhage y Shimoni en especies insectívoras, el virus de Lagos en zorros voladores (Frugívoros) y dos virus (Ikoma y Mokola) para los cuales no se ha encontrado una especie reservorio, pero uno de ellos, el virus de Ikoma, está filogenéticamente relacionado con el virus del murciélagos caucásico (WCBV)

(World Health Organization, 2013), por lo que se podría esperar que su reservorio fuera también un quiróptero. De estos solo el virus Duvenhage ha sido aislado de personas. Los casos ocurrieron en 1970, 2006 y 2007 (Food and Agriculture Organisation of the United Nations, 2011).

En Asia los virus Khujand, Aravan y Irkut se han encontrado en murciélagos insectívoros de los géneros *Myotis* y *Murina*, y solo se ha registrado un caso humano ocasionado por el virus Irkut (World Health Organization, 2013).

En Australia cuatro especies de los grandes murciélagos frugívoros conocidos como zorros voladores (*Pteropus spp.*) y un murciélago insectívoro (*Saccolaimus albiventris*) han sido infectados por un serotipo conocido como Lyssavirus de murciélago australiano (ABLV). Este serotipo ha causado dos casos de humanos (World Health Organization, 2013).

El continente americano es el único donde los murciélagos son reservorios del virus clásico de la rabia (RABV). Pero también es el único donde la infección vía mordida de murciélago tiene serias implicaciones en la salud e incluso mayores que la transmisión por perro. Esto es debido a la presencia de la especie *Desmodus rotundus* conocida también como murciélago hematófago o vampiro que es un eficiente transmisor del virus.

Más de 50 especies de los diversos gremios tróficos han sido alguna vez reportadas como rabiosas, siendo la mayor parte de ellas murciélagos insectívoros (Acha, 1968). Pero las especies más comúnmente involucradas en la circulación

del virus son *Tadarida brasiliensis* (insectívoro) y *D. rotundus* (Hematófago). Estas dos especies son los reservorios de cinco variantes del virus RABV en México (SSA, 2001).

TRANSMISIÓN

El mecanismo de transmisión del virus rábico por excelencia es la vía subcutánea o intramuscular (Figura 6). Las personas y animales son contagiadas principalmente a causa de la mordida de un animal rabioso o cuando saliva infectante del animal entran en contacto con heridas, piel erosionada o mucosas (CENAPRECE, 2010; M. F. Muñoz, 1990). Las infecciones de manera indirecta son muy poco probables (Vargas y Cárdenas, 1996).

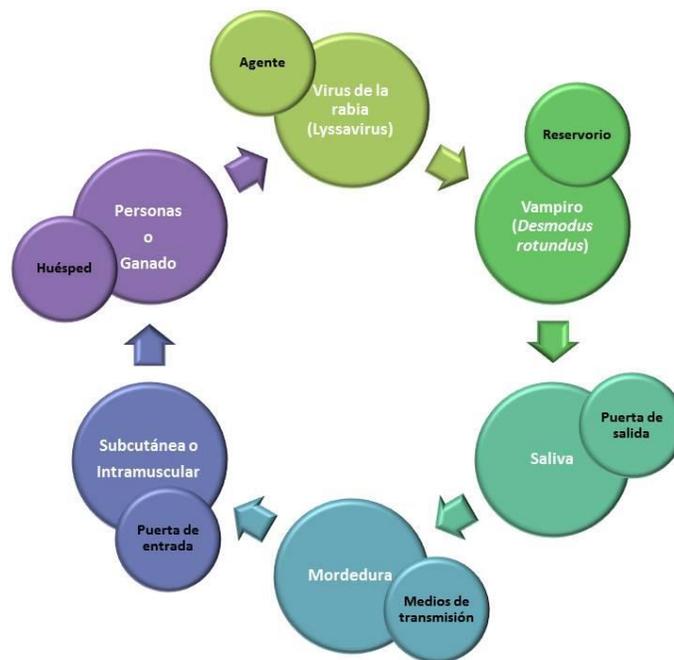


Figura 6.- Cadena infecciosa de la rabia transmitida por murciélago vampiro (elaboración propia).

Una vez ocurrido el contagio, el virus comenzará a replicarse en el músculo estriado de la región más cercana al punto de inoculación. Cuando los virones alcanzan células nerviosas viajan a través de ellas hasta la medula espinal e invaden posteriormente la sustancia gris del encéfalo. Finalmente el virus es propagado hacia glándulas salivales, riñones, pulmones, corazón, músculos y piel (Carrada-Bravo, 2004).

Existen otras posibles formas de contagio sin embargo son muy poco comunes o no han sido del todo comprobadas. Una de estas es a través de la picadura de artrópodos hematófagos, como las chinches, mosquitos o garrapatas, que son responsables de transmitir enfermedades como el mal de Chagas, el dengue o la enfermedad de Lyme. Pero si esta vía de infección es posible no se ha comprobado ningún caso (M. F. Muñoz, 1990), además los virus del genero *Lyssavirus* solo se pueden multiplicar en animales vertebrados (Vargas y Cárdenas, 1996) por lo que se puede descartar como forma de transmisión.

Otra posible forma de transmisión a la que se ven expuestos en mayor medida los investigadores, mineros, espeleólogos y conservacionistas es la infección por inhalación de aerosoles contaminados dentro de cuevas que sirvan como refugio a colonias de murciélagos infectados. Esta forma ha sido comprobada experimentalmente en animales bajo condiciones artificiales que maximizan la exposición en cuevas. También se sabe de cuatro personas que adquirieron el virus presumiblemente por vía respiratoria. Dos de ellos ocurrieron en

laboratorios mientras se trabajaba con el virus. Ambos, un veterinario en 1972 y un técnico laboratorista en 1977, estuvieron expuestos a aerosoles con concentraciones inusuales del virus. Los dos casos restantes ocurrieron en cuevas en 1956 y 1959. El primero corresponde a un biólogo que estudiaba a *T. brasiliensis*. Murió de rabia sin presentar señas de mordeduras lo que ocasionó que se le vinculara con una forma de contagio por inhalación. Sin embargo se sabe que padecía de una afección dérmica en el cuello y que con frecuencia se rascaba mientras portaba los mismos guantes con los que manipulaba los murciélagos. El segundo caso es el de un ingeniero de minería que contrajo la rabia posiblemente a través de la contaminación de una herida en el rostro que presentó al salir de una cueva, pero dado que negó toda mordida de murciélago la infección fue también atribuida a los aerosoles (Gibbons, 2002).

El contagio vía ingesta podría ser el de mayor impacto a la salud, si esta fuera posible. Los murciélagos vampiro tienen una fuerte preferencia por la sangre de bovino (Hernández, 1976), lo que ocasiona la infección de alrededor de 100,000 cabezas de ganado cada año (World Health Organization, 2013). Pero afortunadamente el consumo de carne o leche de un animal rabioso no representa un riesgo importante aunque se aconseja no hacerlo. Sin embargo en el proceso de destazar un animal muerto por rabia para su consumo, implica un riesgo grave de contagio si se hace sin protección y la persona presenta heridas o laceraciones en las manos y antebrazos (CENAPRECE, 2010). Por esta vía el contagio de rabia solo se ha logrado experimentalmente y utilizando concentraciones muy elevadas

del virus (M. F. Muñoz, 1990). Se sabe que algunas personas comen carne de animales muertos por rabia y que una parte de los bovinos sacrificados en rastros dan positivo al virus, pero no se han registrado casos que demuestren el contagio por ingesta (Correa, 1981). Además la susceptibilidad del virón a la actividad enzimática y los jugos digestivos hacen que esta sea una forma poco factible de contagio (Vargas y Cárdenas, 1996).

También existe la posibilidad y casos confirmados de contagio de humano a humano, pero no por mordida o contacto de otro tipo, sino como resultado de donaciones de órganos de personas infectadas y no diagnosticadas. los órganos trasplantados que han causado rabia son el hígado, páncreas, pulmones, riñones, arterias y mayormente corneas (Takayama, 2008).

MANIFESTACIONES CLÍNICAS

El periodo de incubación de la rabia así como la aparición y duración de los signos clínicos y síntomas que ocasiona varían dependiendo de la especie afectada, la variante antígena del virus, la cantidad inoculada y la región del cuerpo donde se inoculo (Correa, 1981; Flores-Crespo, 1998; Llamas López y Orozco Plascencia, 2009). De manera general se distinguen dos tipos de rabia en cuanto a los signos predominantes. La rabia furiosa, donde el animal o la persona exhibe una conducta agresiva o eufórica durante la mayor parte del curso de la enfermedad; y la rabia muda o paralítica, caracterizada por la parálisis de los miembros posteriores (Malaga y Campillo, 1957).

En el vampiro, principal vector de la rabia aérea, se ha encontrado que pueden presentar ambas formas de rabia. El periodo de incubación en esta especie varía de 9 a 38 días, con una media de 25 y un máximo de 171 días. Después de este frecuentemente se presenta un periodo prodrómico (primeros signos, no característicos de la enfermedad) de entre 12 y 24 horas en el que el vampiro puede mostrarse inquieto e irritable, o apático y sin apetito. Le siguen la excitación e irritabilidad, este periodo de furia suele tener una duración de uno a cinco días. Después del periodo furioso, el vampiro puede recuperarse y volver a sus hábitos normales, pero lo más común es que entre en un estado de parálisis que dura entre uno y cuatro días antes de ocasionarle la muerte. (Malaga-Alba, 1954).

En bovinos, la especie de interés económico más afectada por la rabia en el ciclo aéreo, el periodo de incubación puede durar entre dos semanas y varios meses, aunque lo más común es un periodo de un mes. Rara vez cursan la fase furiosa, pero cuando esto sucede el animal muestra una conducta agresiva mugiendo y pisoteando el suelo. En esta fase puede atacar a personas, animales e incluso objetos, presenta exceso de salivación, dificultad para deglutir, excitación y temblores musculares seguidos de embotamiento y apatía. Lo más común es que ocurra la forma paralítica la cual comienza con un cambio en el comportamiento del animal. Este se aparta del hato y se muestra inquieto, también se le dificulta el andar con las extremidades posteriores y presenta salivación excesiva. Cuando la enfermedad está avanzada el animal se ve imposibilitado para caminar e

incluso para levantarse, permanece “echado” de costado y en ocasiones patalea en esa posición como si intentara correr. Finalmente muere, presumiblemente, por parálisis respiratoria (Correa, 1981; Flores-Crespo, 1998).

Los casos humanos de rabia cursan un periodo de incubación que usualmente varía de 20 a 90 días. En el periodo prodrómico se presenta dolor en el sitio de inoculación, hipertermia, cefalalgia, náusea, vómito, agitación e irritabilidad, este periodo tiene una duración de dos a 10 días. La siguiente fase es conocida como periodo neurológico. En ella aparecen signos y síntomas que evidencian involucramiento del sistema nervioso. El paciente pasa por lapsos cortos (1 a 5 minutos) de hiperactividad que pueden presentarse espontáneamente o ser propiciados por estímulos sensoriales; hay alucinaciones, convulsiones, hidrofobia, aerofobia y parálisis. De siete a diez días después el paciente entra en coma y la muere en los siguientes dos a tres días, aunque la muerte también puede ocurrir en las etapas anteriores (Llamas López y Orozco Plascencia, 2009). Se sabe que en personas es más frecuente la forma furiosa de la rabia, presentándose el doble de casos que de la forma paralítica (Carrada-Bravo, 2004).

DIAGNÓSTICO

Los signos clínicos de la rabia no son característico y se puede confundir con otras enfermedades. En el caso del ganado, la enfermedad de Aujeszky, intoxicación por hongos, afecciones carenciales, listeriosis, piroplasmosis y anaplasmosis, parálisis producida por garrapatas o encefalomiелitis producen

signos similares (Acha, 1968). En humanos se puede confundir con otras encefalitis virales como la enfermedad de La Crosse, el virus del Nilo o la poliomielitis. Por esta razón la Organización mundial de la salud (OMS) y la organización mundial de sanidad animal (OIE) recomiendan usar la inmunofluorescencia como prueba válida de diagnóstico (Organizacion Mundial de Salud Animal, 2013). En México las técnicas aceptadas son la Inmunofluorescencia directa (IFD) para el diagnóstico certero de la rabia en laboratorio y la de inmunohistoquímica como diagnóstico de campo. Cuando el título viral (cantidad de virus en la muestra) es tan bajo que las técnicas de diagnóstico resultan inefectivas es necesario replicar el virus para obtener suficiente cantidad que permita su diagnóstico, para esto se realiza la inoculación de ratones lactante (prueba biológica) o en neuroblastoma (cultivo celular) con material infeccioso (Figura 7) (InDRE, 2014).

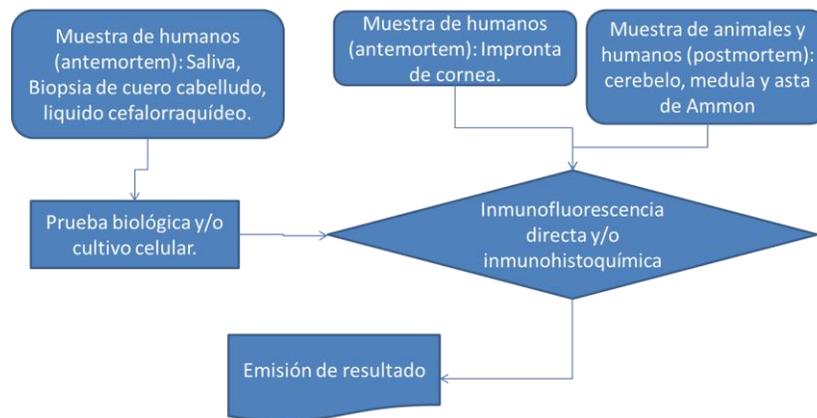


Figura 7. Algoritmo de diagnóstico de rabia (InDRE, 2014).

INMUNOFLUORESCENCIA DIRECTA

Es la prueba para el diagnóstico de la rabia más utilizada. Es una técnica sensible, específica y barata capaz de ofrecer resultados confiables poco tiempo. Se lleva a cabo con muestras del Asta de Ammón, hipocampo, cerebelo, bulbo raquídeo, medula espinal o encéfalo completo cuando provengan de animales o personas muertas. Cuando se trate de personas vivas las muestras deben ser biopsias del cuero cabelludo, líquido cefalorraquídeo o saliva. Deben realizarse frotis de las muestras y fijarlos en acetona, secarlos al aire y teñirlos con conjugado fluorescente. Los conjugados son específicos del virus entero o bien de la proteína de su nucleocápside, esto garantiza que se unirán solo al virus de la rabia. Las muestras deben examinarse para determinar si presentan fluorescencia específica, mediante un microscopio de fluorescencia y el filtro adecuado para la longitud de onda del conjugado utilizado. (Organización Mundial de Salud Animal, 2013).

Una muestra positiva presentará cuerpos ovoides fluorescentes de color verde. El color es más intenso en circunferencia del cuerpo que en su interior. Una muestra negativa no presentará cuerpos fluorescentes en color verde a menos que haya sido contaminada con bacterias como *Staphylococcus aureus* que producen proteínas afines a cualquier anticuerpo. En este caso se observarán cuerpos circulares bien definidos, aislados o en cadena y con una fluorescencia uniforme en todo el cuerpo. Las muestras negativas también pueden presentar fluorescencia en otros colores (InDRE, 2014).

Las muestras que arrojen resultado negativo deben someterse a la prueba biológica o cultivo celular para ser analizadas nuevamente (SAGARPA, 1999).

INMUNOHISTOQUÍMICA

Esta es una técnica complementaria en el diagnóstico de la rabia. Es utilizada para fortalecer la vigilancia en campo de fauna sospechosa, como apoyo a los programas de vacunación y no debe ser utilizada como diagnóstico en salud pública. Para su realización se requieren impresiones de cerebro o medula espinal fijadas en formalina e incubadas con un anticuerpo primario antirrábico (InDRE, 2014).

Su uso se recomienda en lugares donde el terreno, las vías de comunicación y la distancia impidan el envío oportuno de muestras a laboratorios. Esta técnica cuenta con la ventaja de ser observable utilizando un microscopio de luz blanca y de costo económico (InDRE, 2014). Es la única, entre los diferentes métodos histológicos que resulta específica para la rabia (Organizacion Mundial de Salud Animal, 2013), además de ser altamente sensible y específica, comparable con la inmunofluorescencia directa (Jurado G, Montoya-flórez, Betancur H, y Pedraza-ordoñez, 2012).

PRUEBA BIOLÓGICA

Esta prueba tiene como objetivo incrementar el título viral en ratones lactantes o de 21 días inoculados con una suspensión de tejido nervioso, glándulas

salivales o biopsias de animales o personas sospechosos a rabia. Las muestras para la suspensión deben ser frescas, refrigeradas, congeladas o conservadas glicerina al 50% y haber sido previamente analizadas por la técnica de inmunofluorescencia directa con resultado negativo. La inoculación se realizará en grupos de varios ratones por muestra a los que se les aplican 0.03 ml de la suspensión vía intracerebral (InDRE, 2014; SAGARPA, 1999).

Los ratones deberán ser observados durante al menos 28 días. Las muertes ocurridas en las primeras 72 horas podrían deberse a traumatismo durante la inoculación y deberán descartarse. Cuando los ratones presenten temores, incoordinación, ataxia, parálisis progresiva, postración y muerte (signos característicos de rabia) se extraerá materia encefálica para su confirmación por inmunofluorescencia. La duración de esta prueba puede abreviarse sacrificando animales aparentemente sanos y realizando la prueba de inmunofluorescencia a partir del quinto día. Si los ratones sobreviven el periodo de observación de la prueba el diagnóstico se podrá considerar como negativo (InDRE, 2014; SAGARPA, 1999).

CULTIVO CELULAR

El título viral también puede ser aumentado a través del cultivo en neuroblastoma murino como alternativa la prueba biológica en ratones y analizado por inmunofluorescencia directa. La gran ventaja de esta técnica es que permite obtener resultados en solo 40 horas con la misma sensibilidad que la

prueba biológica, pero más económica (Organización Mundial de Salud Animal, 2013; SAGARPA, 1999).

TRATAMIENTO

La rabia es siempre mortal una vez que se presentan los signos clínicos. Pero un tratamiento inmediato puede salvar la vida de la persona afectada. No así para los animales para quienes no existe un tratamiento postexposición.

El tratamiento dependerá del riesgo de infección, que está dado por las condiciones del contacto con el animal sospechoso (Tabla 3), aunque las regiones donde la rabia es enzootica, cualquier mordedura de animal tiene que ser considerada sospechosa y deben tomarse medidas de precaución (Llamas López y Orozco Plascencia, 2009) lo mismo que para una agresión por un animal silvestre de especies en las que se sabe es común la infección con el virus rábico (carnívoros y quirópteros) (CENAPRECE, 2010).

Tabla 3. Clasificación de riesgos de infección por rabia (CENAPRECE, 2010).

Exposición	Criterio
Sin riesgo	No hay contacto con la saliva del animal sospechoso. Lamedura en la piel intacta.
Riesgo leve	Lamedura en piel erosionada o en herida reciente. Mordedura superficial en la región del tronco o en miembros inferiores.
Riesgo grave	Contacto directo con saliva de animal rabioso en la mucosa del ojo, nariz, boca, ano o genitales.

Mordedura en cabeza, cara, cuello o en miembros superiores.

Mordeduras profundas o múltiples en cualquier parte del cuerpo.

Contacto de mucosas de la persona expuesta con la saliva del animal rabioso confirmado por laboratorio.

Paciente es inmunocomprometido, cualquier tipo agresión debe considerarse como de riesgo grave

Se considera que si solo hubo contacto físico con el animal sospechoso pero no con su saliva no hay riesgo de infección. En este caso basta con lavar bien la superficie de contacto con agua y jabón o alguna solución antiséptica. Para una exposición por agresión de riesgo leve se debe dar atención primaria consistente en el lavado de la herida con jabón o antiséptico y agua corriente por 10 minutos. En este caso es necesaria la aplicación de vacuna antirrábica humana los días 0, 3, 7, 14 y 28. Si la exposición es de riesgo grave deberá seguirse las medidas tomadas para una exposición de riesgo leve más la aplicación de inmunoglobulina antirrábica humana el día cero (*CENAPRECE, 2010*).

El tratamiento no deberá interrumpirse, pero en caso de ocurrir existen esquemas de vacunación que contemplan la interrupción después de haber recibido dos dosis (*CENAPRECE, 2010*).

Las vacunas antirrábicas humanas utilizadas en México deben ser de virus inactivo y pueden ser producidas en células diploides (HCDV), células vero o fibroblastos de embrión de pollo (PCEC). La dosis aplicada dependerá del tipo de vacuna (*SSA, 2003*).

PREVENCIÓN

La prevención de la rabia en la población mexicana está basada en promoción de la salud, protección a grupos de población en riesgo, vacunación en animales de compañía, conservación y manejo de los biológicos antirrábicos por parte de la secretaria de salud. Esto con un enfoque particular en la rabia urbana (SSA, 2011). La promoción de la salud se hace mediante el desarrollo de competencias en salud, participación comunitaria y comunicación educativa. Destacan entre estas actividades la instrucción a la población sobre las medidas a seguir ante la agresión por cualquier animal y exhortación a la denuncia de animales sospechosos (SSA, 2011).

El personal de laboratorios, industrias o empresas que trabajan con el virus de la rabia, personal de centros de trabajo dedicados a la atención de animales potencialmente transmisores de rabia (centros de atención canina y clínicas veterinarias), profesionales de la salud y personas que manejan regularmente animales, tanto domésticos como silvestres en unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre son considerados como población en riesgo y deberán ser inmunizados preventivamente (SSA, 2011). El esquema de vacunación para este caso indica la aplicación solamente de la vacuna antirrábica los días 0, 7 y 21 o 28 (CENAPRECE, 2010).

La vacunación de animales de compañía se realiza de forma gratuita por personal de salud pública en coordinación con el centro de atención canina. La

vacunación se aplica a perros y gatos partir del primer mes de nacidos, con refuerzo a los tres meses y posteriormente cada año y de por vida. La vacuna debe de ser del virus inactivo (SSA, 2011).

En el sector pecuario se lleva acabo de forma obligatoria la vacunación de cabezas de ganado en la región enzootica de rabia y en lugares donde se presenten casos clínicos y/o confirmados por laboratorio así como en un radio mínimo de 10 km alrededor del foco inicial. El esquema de vacunación en especies ganaderas indica la primera dosis al mes de nacido, con refuerzos a los tres y seis meses, y anualmente en individuos mayores a un año. Las vacunas pueden ser de virus vivo modificado o virus inactivado (SAGARPA, 2011).

También existen vacunas para carnívoros silvestres que han dado buenos resultados en el control de la rabia en mapaches, coyotes y zorros en Estados Unidos (*Slate et al., 2005*) y se han desarrollado vacunas con las que experimentalmente se han inmunizado vampiros, aunque con resultados limitados (Aguilar et al., 1998). Sin embargo en México no existe un programa de vacunación en fauna silvestre.

CONTROL

Una forma de disminuir la incidencia de ataques de vampiros al ganado y a la población humana es la de controlar sus poblaciones. Este control consiste en el sacrificio de murciélagos para disminuir el tamaño de sus poblaciones y reducir los ataques al ganado y a la población. Antiguamente la forma en que este control

se hacía era quemando e incluso dinamitando sus refugios, también haciendo uso de gases tóxicos como el toxafeno, logrando erradicar colonias enteras de vampiros, pero también de otras especies de murciélagos con las que comparten refugio. De esta forma se veían afectadas especie cuyas funciones ecológicas son vitales para el ecosistema (Flores, 1978; Lord, 1981).

Actualmente el control de poblaciones de vampiros se hace de un modo selectivo, aplicando un ungüento vampiricida hecho a base de anticoagulantes suspendidos en gel de petrolato (Hernández, 1976). El procedimiento consiste en untar el vampiricida en el lomo del vampiro y liberarlo para que al llegar a su guarida lleve el anticoagulante a otros miembros de la colonia (Figura 8). Esta técnica utiliza la etología del vampiro en su contra. Algunos aspectos fundamentales que contribuyen al éxito y selectividad del vampiricida son:

- Los vampiros no se mezclan con otras especies con las que comparten refugio.
- En su nicho lo vampiros conviven estrechamente.
- Ocupan una parte importante del tiempo en su limpieza corporal rascándose el cuerpo con las garras y posteriormente lamiéndose las garras y partes rascadas individual o colectivamente.

Los primeros anticoagulantes utilizados fueron clorofacinona y difenadiona, pero por razones económicas se han dejado de usar y actualmente se utiliza la

warfarina como como componente activo de la mezcla vampiricida (Flores, 1978). Se estima que mediante el contacto entre vampiros cada individuo tratado puede afectar hasta 20 más (Flores, 2003).



Figura 8. Aplicación de ungüento vampiricida (Flores, 2003).

La aplicación de vampiricida se debe llevar a cabo como parte de las actividades de la campaña nacional contra la rabia en especies ganaderas, en las zonas de control definidas como aquellas áreas geográfica determinada en la que se operan medidas zoonosanitarias tendientes a disminuir la incidencia o prevalencia de la rabia, en un periodo y especie animal específicos (SAGARPA, 2011). Sin embargo no se necesita contar con un diagnostico positivo de rabia en los vampiros para emprender el control de poblaciones, incluso estos se llevan a cabo en ausencia de casos confirmados de rabia en especies domesticas como fue el caso, en 2013, de Chihuahua, Guanajuato, Sinaloa, México y Sonora. En este año se capturaron 24,713 vampiros en 24 estados, el 93% (22,971) fueron tratados con vampiricida y de los 1,295 enviados a laboratorio solo 16, provenientes de la mitad de los estados, dieron positivo a rabia (SENASICA, 2013a, 2013b).

La técnica del control con anticoagulantes fue descrita en 1972 (Linhart, Flores-Crespo, y Mitchell, 1972) y aunque el ingrediente activo ha cambiado la técnica no presenta mayor variación. El control de poblaciones de vampiros es metódico, pero indiscriminado. Recientes estudios han demostrado la exposición de vampiros al virus en regiones donde se llevan a cabo controles periódicos es mayor que en otras zonas. Esto se puede deber a que, debido a la organización social del vampiro el uso de anticoagulantes tiene mayor efecto sobre individuos adultos, mientras que son los juveniles y sub-adultos quienes están más expuestos (Streicker et al., 2012). Los controles indiscriminados pueden propiciar la disrupción de la colonia y ocasionar su dispersión a otras áreas aumentando el contacto entre vampiros infectados y sanos, y posiblemente propagando la rabia (Braga, Hildebrand, Meireles, de Sena, y Dias, 2014).

FACTORES DE RIESGO

Las enfermedades transmitidas por murciélagos se ve propiciadas por factores que incrementan la duración o frecuencia de contacto entre fauna silvestre y humanos de manera directa o bien indirectamente a través del contacto con animales domésticos. Tales factores suelen ser la expansión de la frontera urbana, agrícola y pecuaria, pérdida de biodiversidad, ecoturismo, fragmentación del hábitat, deforestación o cambio climático. Estos cambios afectan la ecología del transmisor, el virus y el hospedero (Food and Agriculture Organisation of the United Nations, 2011; Kuzmin et al., 2011).

Los casos de rabia humana transmitida por murciélago están frecuentemente asociados a localidades rurales con poca población, condiciones de trabajo y vivienda precarias, difícil acceso a servicios de salud, ingresos bajos, falta de conocimiento sobre el riesgo de rabia, presencia de habita adecuado para el transmisor (*D. rotundus*) y la circulación del virus (Brito-hoyos, Brito, y Villalobos, 2013; Schneider y Santos, 1995) (Tabla 4).

Tabla 4.- Factores de riesgo para la infección por rabia transmitida por murciélago vampiro. Fuentes: 1 = Delpietro y Russo (1996), 2 = Ormaeche (2007), 3 = Schneider et al. (2009) y 4= Schneider y Santos (1995).

Factor	Fuente
Vivir en zonas de nula o baja presencia de ganado	1, 4
Vivir en zonas donde ocurrieron cambios recientes en las actividades productivas	1, 3, 4
Ser menor de 15 años	2, 4
Habitar en viviendas vulnerables a la entrada de murciélagos vampiro	2, 3, 4
Vivir en localidades poco pobladas	3, 4
Vivir en ambientes favorables para el murciélago vampiro	3, 4
Vivir en ambientes rurales	4
Vivir en localidades de difícil acceso	3, 4
Carecer de servicios de salud	3, 4
Desconocer del riesgo de rabia transmitida por murciélago	4
Contar con pocos recursos económicos	1, 3, 4

TENDENCIA

La frecuencia de casos de rabia transmitida por murciélago vampiro guarda relación con alteraciones en los patrones de temperatura y presipitación como los ocasionados por El Niño.

El fenómeno del Niño se refiere a un aumento en la temperatura superficial del mar en la región ecuatorial del océano pacífico. Este calentamiento modifica los patrones climáticos globales. Su contraparte, la Niña, es un descenso de esta

temperatura. El comportamiento del Niño es cíclico, pero irregular (CONAGUA, 2015).

Uno de los efectos del Niño son las sequías, que traen consigo incendios forestales causados por el aumento en la temperatura y el descenso en la humedad. En 1998 San Luis potosí fue uno de los estados más afectados por los incendios forestales. La carencia de agua ocasiona también gran mortandad en el ganado (Delgadillo, Aguilar, y Rodríguez, 2000).

Un descenso en la cantidad de ganado, ya sea por muerte o por su traslado a abrevaderos lejanos obligaría al murciélago vampiro a buscar otras fuentes de alimento.

La pérdida de cobertura vegetal a causa de incendios forestales accionaria un éxodo de fauna entre la que figuraría el murciélago vampiro. Poblaciones de estos y otros murciélagos incursionarían en áreas pobladas y los ataques serían más frecuentes. Los registros de ataques de murciélago en el estado (Figura 9) y los brotes de rabie a nivel Latino América (Figura 10) así lo sugieren, pues durante o después de un fenómeno del Niño los ataques o casos de rabia aumentan.

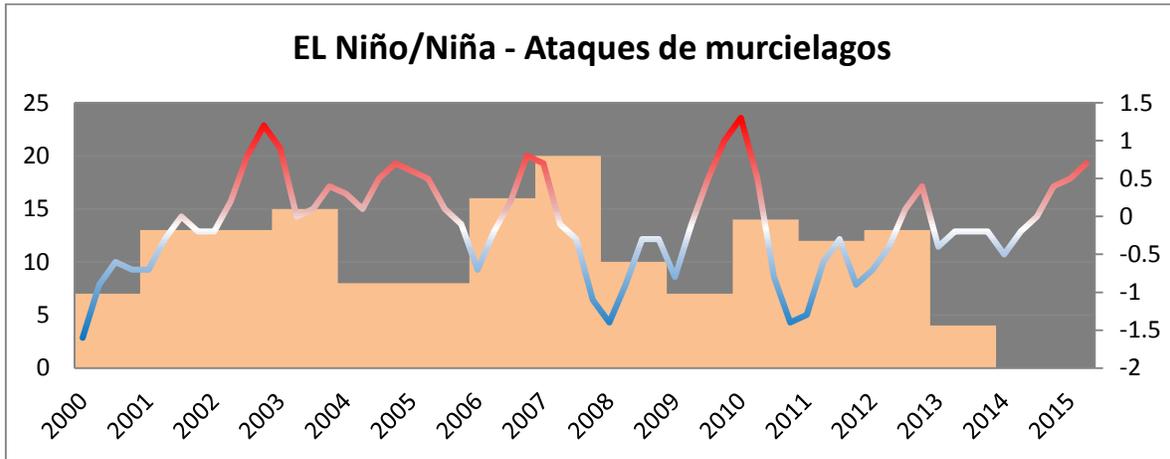


Figura 9. Relación El Niño/Niña y los reportes de agresiones de murciélagos en San Luis Potosí (COEPRIS, 2014; NOAA, 2015).

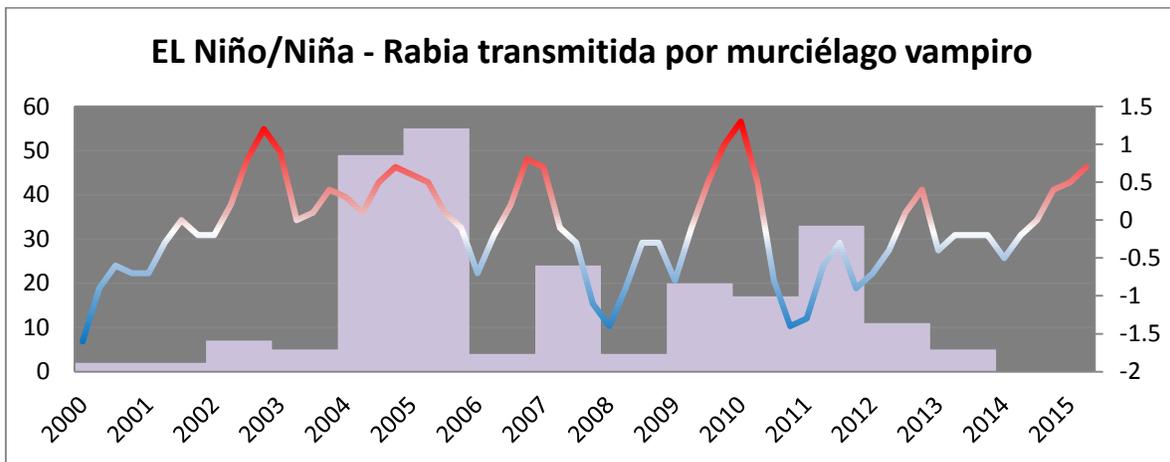


Figura 10.- Relación El Niño/Niña y los reportes de agresiones de murciélagos en San Luis Potosí (NOAA, 2015; PANAFTOSA - OPS/OMS, 2014).

Según la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) en 2016 se espera una sequía de grandes dimensiones (La Jornada San Luis Potosí, 2015).

Además del anterior pronóstico una razón más para tomar precauciones es el avance de los casos de rabia en especies ganaderas o rabia parálitica bovina (RPB). Hasta antes de 2005 los reportes de RPB se limitaban a la región Huasteca

y desde entonces han proseguido su avance hacia el centro del estado. En 2001 el caso de RPB más cercano a la capital ocurrió en Tamasopo, a 164 km del área metropolitana de San Luis Potosí. En 2013 solo 15 km separan a la zona urbana de la capital del caso de RPB más cercano. En 13 años el virus se ha dispersado 150 km (Figura 11). Con una velocidad media de 12 km/año los primeros casos de RPB en Cerro de San Pedro, Soledad de Graciano Sánchez o San Luis potosí están próximos de ocurrir.

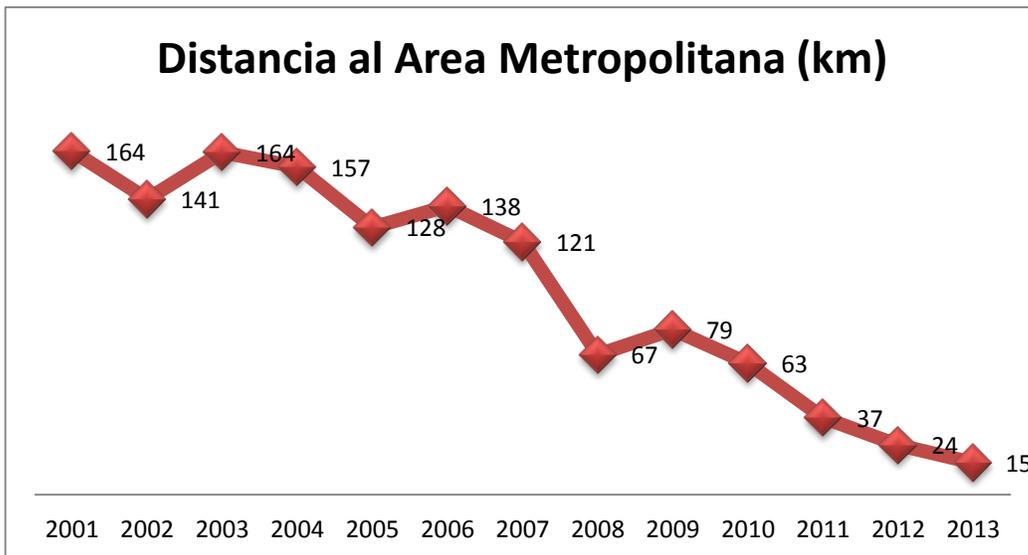


Figura 11.- Avance de la rabia paralítica bovina hacia el área metropolitana de San Luis Potosí (elaboración propia).

RECAPITULACIÓN

La información expuesta en este capítulo muestra la importancia que tiene la rabia para la salud pública. Si bien los casos no son abundantes, las características de la enfermedad hacen sospechar de una falta de información.

Ahora que conocemos el impacto de la rabia en la población humana y que sabemos de la circulación del virus en poblaciones de murciélagos vampiro en el estado, por los casos de rabia en el ganado, podemos suponer un riesgo latente para los habitantes de las zonas rurales.

Para comprender mejor la dinámica de la rabia y abordar mejor el problema se debe conocer la biología del transmisor de esta enfermedad. En el siguiente capítulo se exponen las principales características del murciélago vampiro.

CAPÍTULO 2. CARACTERIZACIÓN DEL MURCIÉLAGO VAMPIRO (*Desmodus rotundus*).

INTRODUCCIÓN.

Los murciélagos son un grupo de mamíferos muy importante a la vez que interesante. Son los únicos mamíferos con la capacidad de volar, esto les ha permitido dispersarse y ocupar una gran variedad de ambientes. Actualmente son el segundo grupo de mamíferos más abundantes y diversos, solo superados por los roedores. Están distribuidos por todo el mundo con excepción de los polos. Existen más de 1,000 especies de murciélagos en el mundo y se pueden encontrar en casi todos los ecosistemas desde el nivel del mar hasta los 4,000 msnm.

Solo tres de estas especies tienen hábitos hematófagos y solo una de ellas es de importancia epidemiológica en la transmisión de la rabia, el Murciélago vampiro (*Desmodus rotundus*).

IMPORTANCIA DE LOS MURCIÉLAGOS

Los murciélagos tienen una variedad de hábitos alimenticios que va desde los nectarívoros hasta los hematófagos y cumplen con diversos roles ecológicos de importancia para el buen funcionamiento de los ecosistemas.

Las especies frugívoras desempeñan un importante papel en la regeneración de los bosques y selvas dado que fungen como excelentes dispersores, ya sea transportando las semillas grandes en sus hocicos y dejándolas caer lejos del

árbol de procedencia mientras consumen la pulpa del fruto o ingiriendo las semillas pequeñas y deyectándolas igualmente en lugares alejados de su origen. Dependiendo de la especie, el lugar y la época del año los murciélagos pueden recorrer, durante el forrajeo, distancias que van desde los 50 m hasta los 10 km por noche. Por esta razón los murciélagos son los mamíferos dispersores más importantes (Galindo-González, 1998).

También existen especies de murciélagos que se alimentan del polen o néctar de las plantas y ayudan así a la polinización cruzada. Incluso algunas cactáceas han evolucionado de tal forma que solo pueden reproducirse gracias a la quiropterogamia (polinización por murciélagos). Estas flores muestran formas acampanadas adaptadas a la forma del hocico de los murciélagos nectarívoros, desprenden olores fuertes y abren solo de noche (Ruiz y Soriano, 2000).

Por su parte los insectívoros, que representan la mayoría de las especies de murciélagos, son grandes controladores de población de muchas especies de insectos perjudiciales para los cultivos (Tuttle y Moreno, 2005). Los murciélagos insectívoros pueden llegar a consumir de 50 a 150% de su peso en insectos, principalmente de los órdenes Lepidóptera, Coleóptera, Homóptera, Himenóptera y Trichóptera. Los beneficios del consumo de insectos por murciélagos se ven reflejados, no solo en el control de poblaciones de insectos plaga o vectores, sino también en los efectos ambientales y económicos asociados a la menor necesidad de plaguicidas químicos (Zárate Martínez, Serrato Díaz, y López Wilchis, 2012).

Su importancia no se limita a las aportaciones derivadas de su tipo de alimentación. Los murciélagos cavernícolas son los principales aportadores de material orgánico (guano) en las cuevas en que habitan. En ellas comparten refugio comunidades de invertebrados que dependen de este material para su supervivencia (Palmeirim y Rodrigues, 1991). El guano es además un excelente fertilizante natural. Contiene macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio), hongos y bacterias benéficas, funguicidas, nematocidas y micronutrientes (manganeso, boro, cobalto, molibdeno y zinc) (BIOSUSTENTA, 2014). La colecta y venta de guano fue en algunos lugares una actividad económica importante hasta la llegada de los fertilizantes artificiales y en los países en desarrollo lo sigue siendo (Hutson y Mickleburgh, 2001).

unos cuantos son cazadores y se alimentan de pequeños mamíferos, aves y peces (Gándara, Correa, y Hernández, 2006), y solo tres especies se alimentan de sangre.

DIVERSIDAD DE MURCIÉLAGOS.

Algunos países han sido considerados como megadiversos por su riqueza biológica. Estos resguardan el 75% de la biodiversidad zoológica y botánica mundial (CONABIO, 2000). México es uno de ellos y ocupa el segundo en diversidad de reptiles y tercero en mamíferos (CONABIO, 2006).

El grupo de los murciélagos está representado en México por 138 especies lo que significa el 26% de las especies de mamíferos del país (Ceballos y Gisselle,

2005) y el 12% de todas las especies de murciélagos en el mundo (Medellín, Arita, y Sánchez H., 2008).

Dentro del territorio del estado de San Luis Potosí se encuentran tres importantes provincias biogeográficas: la del Altiplano Mexicano (Neártica) donde dominan los climas semiáridos y abundan los pastizales y los matorrales xerófilos (Espinosa, Ocegueda, Aguilar, Flores, y Llorente-Bousquets, 2008); la del Golfo de México (Neotropical) que está dominada por selvas altas y medianas, recibe más de 1,000 mm de precipitación anual (Espinosa et al., 2008); y la Sierra Madre Oriental que presenta una ladera occidental seca y otra oriental húmeda que le permite contar con elementos tropicales a elevaciones relativamente altas y elementos montañosos a altitudes menores. En ella predominan los bosques templados y sirve como de transición entre la región Neártica y la Neotropical (Morrone, 2005) (Figura 12).

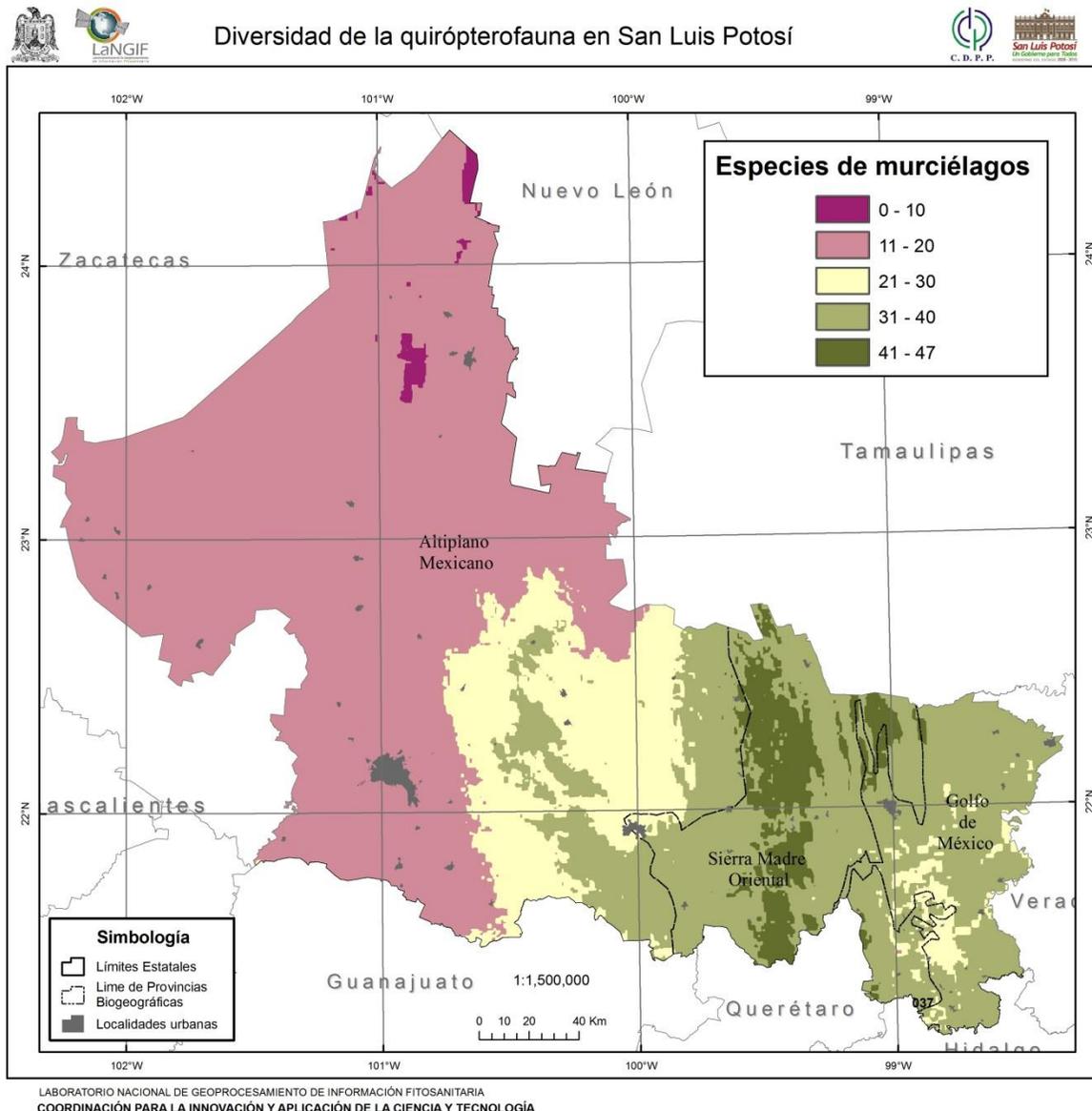


Figura 12. Distribución Potencial de especies de murciélagos reportadas para San Luis Potosí (Ceballos, 2002; García-Morales y Gordillo-Chávez, 2011).

La confluencia de estas tres provincias hacen que el estado de San Luis Potosí tenga una gran diversidad biológica. 52 (37.6%) de las 138 especies de murciélagos de México han sido reportadas para el estado (Tabla 5), principalmente en la región Huasteca.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL RIESGO DE RABIA HUMANA TRANSMITIDA POR EL MURCIÉLAGO
VAMPIRO (DESMODUS ROTUNDUS) EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ.

Tabla 5.- Especies de murciélagos reportadas para San Luis potosí (García-Morales y Gordillo-Chávez, 2011).

Familia	Especie	Gremio trófico	Categoría de riesgo
Emballonuridae	<i>Balantiopteryx plicata</i>	Insectívoro aéreo	
Molossidae	<i>Molossus aztecus</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Molossus molossus</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Molossus rufus</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Nyctinomops aurispinosa</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Tadarida brasiliensis</i>	Insectívoro aéreo	
Mormoopidae	<i>Mormoops megalophylla</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Pteronotus davyi</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Pteronotus parnellii</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Pteronotus personatus</i>	Insectívoro aéreo	
Natalidae	<i>Natalus stramineus</i>	Insectívoro aéreo	
Phyllostomidae	<i>Anoura geoffroyi</i>	Nectarívoro	
	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Frugívoro	
	<i>Artibeus lituratus</i>	Frugívoro	
	<i>Carollia perspicillata</i>	Frugívoro	
	<i>Carollia sowellii</i>	Frugívoro	
	<i>Choeronycteris mexicana</i>	Nectarívoro	Amenazada
	<i>Dermanura azteca</i>	Frugívoro	
	<i>Dermanura tolteca</i>	Frugívoro	
	<i>Desmodus rotundus</i>	Hematófago	
	<i>Diphylla ecaudata</i>	Hematófago	
	<i>Glossophaga soricina</i>	Nectarívoro	
	<i>Leptonycteris nivalis</i>	Nectarívoro	Amenazada
	<i>Leptonycteris curasoae</i>	Nectarívoro	Amenazada
	<i>Macrotus waterhousii</i>	Omnívoro	
	<i>Micronycteris microtis</i>	Insectívoro de sustrato	
	<i>Sturnira lilium</i>	Frugívoro	
	<i>Sturnira ludovici</i>	Frugívoro	
Vespertilionidae	<i>Antrozous pallidus</i>	Insectívoro de sustrato	
	<i>Rhogeessa alleni</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Corynorhinus mexicanus</i>	Insectívoro de sustrato	
	<i>Corynorhinus townsendii</i>	Insectívoro de sustrato	
	<i>Eptesicus brasiliensis</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Eptesicus furinalis</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Eptesicus fuscus</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Idionycteris phyllotis</i>	Insectívoro de sustrato	
	<i>Lasiurus blossevillii</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Lasiurus cinereus</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Lasiurus ega</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Myotis californicus</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Myotis ciliolabrum</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Myotis elegans</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Myotis fortidens</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Myotis keaysi</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Myotis nigricans</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Myotis thysanodes</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Myotis velifer</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Myotis yumanensis</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Nycticeus humeralis</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Parastrellus hesperus</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Pipistrellus subflavus</i>	Insectívoro aéreo	
	<i>Rhogeessa tumida</i>	Insectívoro aéreo	

LOS MURCIÉLAGOS HEMATÓFAGOS

Un grupo aparte es el de los murciélagos hematófagos. Solo existen tres especies hematófagas en el mundo, todas pertenecientes a la familia Phyllostomidae y exclusivas de América. *Diaemus youngi* es una especie rara de poblaciones pequeñas y distribución restringida que se alimenta de sangre de aves; *Diphylla ecaudata* es poco abundante y su distribución un ligeramente más amplia, también se alimenta preferentemente de aves; y *Desmodus rotundus* o vampiro común, esta es la especie hematófaga más distribuida y con mayor abundancia, es además el principal vector de la rabia no solo por el tamaño de sus poblaciones sino porque prefiere alimentarse de mamíferos y tiene una marcada tendencia a atacar ganado bovino (Villa, 1976).

DESMODUS ROTUNDUS

El vampiro común (*D. rotundus*) es la única especie viva del género *Desmodus*. Es un murciélago de tamaño medio que mide de 69 a 90 mm de longitud y pesa entre 25 y 40 g y no tiene cola (Figura 13).

Las hembras son más grandes y pesadas que los machos. Su pelaje es corto, denso y de color gris oscuro; tiene las orejas puntiagudas y separadas; los antebrazos y piernas están cubiertas de poco pelo; sus pulgares inusualmente fuertes y largos presentan almohadillas en su superficie que favorecen su locomoción cuadrúpeda. Su rostro es reducido lo que le permite soportar el gran

tamaño de sus incisivos y caninos superiores; el labio inferior es bífido (Greenhall et al., 1983; Suzán A., 2005).



Figura 13.- Murciélago vampiro (*Desmodus rotundus*) (Ceballos y Gisselle, 2005).

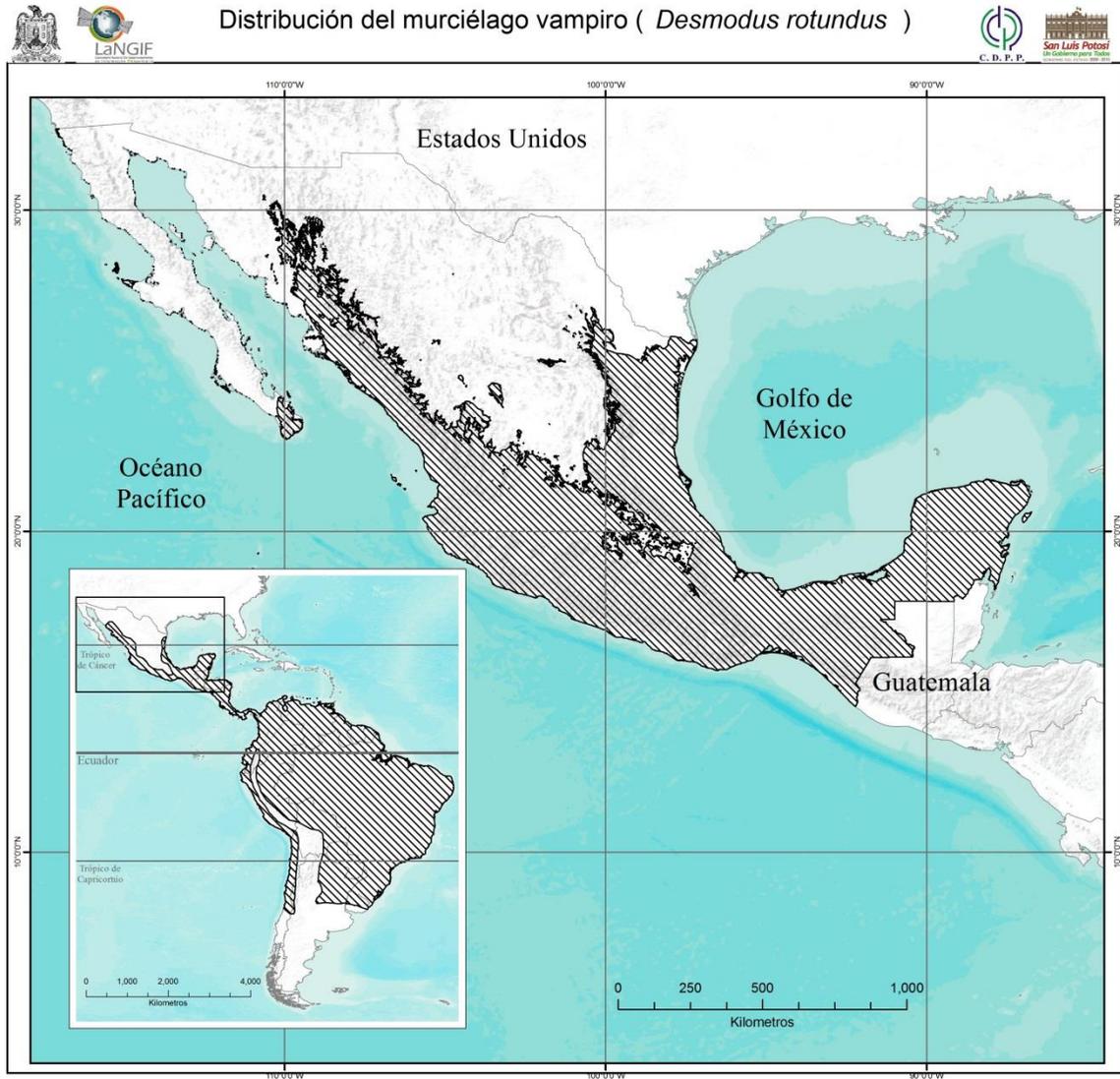
Tabla 6.- Taxonomía del vampiro (Christen, 2003).

Reino	Animalia
Clase	Mammalia
Orden	Chiroptera
Familia	Phyllostomidae
Subfamilia	Desmodontinae
Genero	<i>Desmodus</i>
Especie	<i>Desmodus rotundus</i>

DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT.

D. rotundus solo se encuentra en el continente americano donde se distribuye desde el norte de México hasta el norte de Argentina y centro de Chile (Greenhall et al., 1983). En México se distribuye al este desde el norte de Tamaulipas y al oeste desde el centro de Sonora desde ahí avanza hacia el sur por las costas y las

cadena montañosas evitando las zonas áridas hasta el centro del país donde su distribución se vuelve continua (Figura 14).



LABORATORIO NACIONAL DE GEOPROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN FITOSANITARIA
COORDINACIÓN PARA LA INNOVACIÓN Y APLICACIÓN DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Figura 14.- Distribución de *Desmodus rotundus* (Ceballos, Blanco, González, y Martínez, 2006; Greenhall et al., 1983).

Habita en zonas cálidas y semiáridas donde haya terrenos accidentados o áreas boscosas que le provean suficiente protección y refugio. Habitan tanto en lugares

silvestres como antropizados. En lugares con alta presencia de ganado sus poblaciones son más abundantes (Delpietro y Russo, 1996).

Durante el día se refugian en una variedad de lugares. Cuando pueden usan cuevas donde el tamaño de la colonia pueden alcanzar los miles de individuos, aunque generalmente se componen de 100 a 200 vampiros. Al interior de las cuevas el espacio puede compartirse con otras especies de murciélagos, pero siempre permanecen separados del resto. También se refugian en arboles huecos o infraestructura abandonada como pozos, túneles, canales de riego, minas o puentes. Las casas tanto habitadas como abandonadas también sirven de refugio diurno para los vampiros aunque en menor medida (Sampedro et al., 2008).

ALIMENTACIÓN.

Los vampiros se alimentan exclusivamente de sangre que puede provenir de aves, reptiles o mamíferos. En ambientes naturales sus presas pueden ser guajolotes, jabalíes, venados o roedores de gran tamaño (Villa, 1976). Pero en lugares donde existen actividades pecuarias muestra una preferencia por los animales domésticos y puede alimentarse casi exclusivamente de ganado (Voigt y Kelm, 2006). También pueden atacar aves de corral y ocasionalmente llegan a morder a personas para alimentarse (Greenhall et al., 1983).

Cada noche los miembros de la colonia de vampiros salen de su refugio diurno para alimentarse y recorren áreas de 5 hasta 20 km a la redonda en busca de alguna presa. Los bovinos, equinos, ovinos y caprinos son generalmente mordidos

en los hombros, el cuello, la base de los cuernos, base de las orejas, hocico, nariz, orejas, codo, piernas, cola, vulva o el ano. Para procurarse alimento el vampiro selecciona primero el área a morder, después lacera la piel con los incisivos superiores para hacer emanar la sangre que lame por varios minutos. Más de un vampiro se puede alimentarse del mismo animal, incluso de la misma herida, uno después de otro. Se estima que cada vampiro puede beber hasta 20 ml de sangre por noche. (Greenhall et al., 1983).

Es común que un vampiro se alimente de la misma presa en noches consecutivas ya sea humano o animal. Un vampiro es capaz de identificar a la presa de la que anteriormente se alimentó con éxito reconociendo los sonidos que se hace durante la respiración (Gröger y Wiegrebe, 2006).

CICLO DE VIDA.

El vampiro es una especie poliestra, lo que significa que no tiene un solo periodo estral, sino que es reproductiva durante todo el año y los nacimientos pueden ocurrir en cualquier época (Sampedro et al., 2008). La gestación dura aproximadamente siete meses y los partos son en su gran mayoría de una sola cría y muy raras veces dos (Greenhall et al., 1983; Villa, 1976). La cría nace cubierta de pelo y es capaz de abrir los ojos desde el primer día. Sus primeros dientes son minúsculos y su función principal es la de aferrarse al pezón materno durante la lactancia. El primer mes de nacido la cría se mantiene aferrada a la madre cerca del pezón; A las cinco semanas ya cuenta con dientes permanentes incluyendo los

incisivos superiores con los cuales puede lacerar la piel de su presa, pero aun no es capaz de alimentarse por sí sola (Greenhall et al., 1983).

El cambio hacia la dieta hematófaga es gradual, comenzando desde el segundo mes con la alimentación boca a boca por regurgitación. Después de los cuatro meses las crías acompañan a sus madres en el vuelo en busca de alimento y ya pueden alimentarse por sí mismas de sangre de la herida hecha por la madre u otro adulto y a la edad de 6-8 meses pueden procurarse alimento por sí mismos. El desarrollo del vampiro se completa a los cinco meses aproximadamente, pero la lactancia dura otros cinco meses más (Greenhall et al., 1983). En vida libre pueden vivir 15 años en promedio y hasta 20 en cautiverio (Flores-Crespo, 1998)

La actividad de los vampiros es permanente, no hibernan ni estivan (Greenhall et al., 1983), ya que son muy susceptibles a la inanición. Los vampiros son incapaces de sobrevivir a más de 3 noches sin alimentarse (Freitas, Welker, Millan, y Pinheiro, 2003).

Sus principales depredadores son las serpientes como la culebra ratonera (*Elaphe sp.*) o la nauyaca (*Bothrops sp.*); aves rapaces como búhos (*Bubo virginianus*), halcones (*Falco sp.*) o aguilillas (*Buteo Sp.*); y mamíferos carnívoros como zorrillos (*Mephitidae*), zorras (*Urocyon cinereoargenteus*), mapaches (*Procyon lotor*) o coatíes (*Nasua narica*) (Villa, 1976).

ORGANIZACIÓN SOCIAL Y COMPORTAMIENTO.

Los murciélagos vampiro suelen ser los más abundantes en los refugios que comparten con otras especies o pueden ocupar un refugio de marea exclusiva. Los murciélagos vampiros tienden a ocupar cualquier cueva independientemente de las especies que ya la habiten. A diferencia de otras especies como *Pteronotus davyi* que prefiere cuevas donde habiten un gran número de especies o como *Plecotus mexicanus* que utiliza como refugio cuevas donde solo haya pocas especies de murciélagos (Arita, 1993).

Dentro de estos refugios, habitan siempre una cantidad mayor de hembras (2 a 7 veces) que machos. Las hembras y sus crías forman grupos alrededor de un macho dominante que las protege, mientras que otros machos de menor rango permanecen aislados. Estos machos solitarios suelen estar inactivos sexualmente (Sampedro et al., 2008).

Los vampiros destinan una parte importante de su tiempo (2-3 h diarias) al acicalamiento ya sea individual o socialmente (hacia o desde otro individuo). Esta operación la realizan rascándose el cuerpo con una de sus extremidades posteriores y llevándola constante mente a la boca, mientras que con la lengua limpian sus alas (Linhart et al., 1972). Existe una tendencia realizar el acicalamiento con mayor frecuencia de adulto a adulto que entre un adulto y un juvenil (Streicker et al., 2012).

Mientras que el auto acicalamiento tiene la función de librarse de ectoparásitos, el acicalamiento social parece obedecer a objetivos que van más allá del aseo, sobre todo si tomamos en cuenta el costo en tiempo y energía de esta conducta (Wilkinson, 1986).

Dada la susceptibilidad e los vampiros a la inanición alimentarse diariamente es esencial, sin embargo no siempre tienen éxito en conseguir la sangre suficiente. Cuando esto ocurre la falta de alimento se ve suplida por el comportamiento altruista de la especie. El compartir parte de la sangre obtenida en una noche con otro miembro de la colonia es un comportamiento natural en los vampiros. Exceptuando la alimentación de las crías, esta práctica ocurre principalmente entre hembras adultas y no está limitada a una relación de parentesco. Los vampiros tienden a donar sangre con mayor frecuencia a otros vampiros de quienes hayan recibido sangre en ocasiones anteriores (Carter y Wilkinson, 2013).

SIMBOLISMO, CULTO Y PERCEPCIÓN

La percepción pública de las especies es de vital importancia al momento de tomar decisiones que las afecten. Políticas de protección de especies, de sus hábitats o medidas de control de sus poblaciones se ven influenciadas de manera importante en la opinión que la población general tenga de ellas.

ACTUALIDAD

La percepción que se tiene actualmente de los murciélagos es en general negativa. El folklore y la ignorancia que rodea estas especies llevan al miedo, la aversión o la indiferencia como es el caso de algunos poblados de España donde se cree que un murciélago que entra a una casa es augurio de muerte, o por el contrario se les puede considerar como señal de buena suerte, lamentablemente en estos casos lo murciélagos son tomados como amuletos y clavados a la puerta de la casa (Charro, 1999).

Existen diversos mitos acerca de estos animales, uno de ellos es la creencia de que los murciélagos son ratones que al envejecer les crecieron alas y quedaron ciegos. El propio nombre de este grupo de mamíferos alados deriva murciégalo, palabra que por metátesis se convirtió en murciélago y que significa ratón ciego alado (del latín mur = ratón, caecus = ciego y alatus = alado) (Villa, 1976). Existe también la tendencia a hacer generalizaciones como que todos los murciélagos son vampiros y viven en cuevas solamente (Torres y Fernández, 2012).

El famoso mito del vampiro humano ha contribuido en gran medida a la satanización de los murciélagos. En Drácula y otras versiones de este ser mitológico la figura del murciélago está íntimamente asociada con el vampirismo.

En el arte cristiano ha favorecido la satanización del murciélago al plasmar al demonio y sus seguidores con alas similares a las de los murciélagos en oposición a las alas de ave de los ángeles (Figura 15). Esta identificación con lo maligno se refuerza gracias a la rabia que puede ser transmitida por murciélagos y cuyos signos clínicos pueden ser tomados como manifestaciones de una posesión demoniaca (Charro, 1999). La biblia además le considera como un “ave” abominable la cual no puede servir como alimento (Levítico 11:19).



Figura 15. *El arcángel san Miguel y los ángeles caídos* (Giordano, 1666).

Desafortunadamente los murciélagos carecen de características físicas y conductuales que lo hagan carismáticos. Especies no carismáticas suelen recibir menor apoyo cuando se trata de conservarlas (Knight, 2008). Las personas les temen y tienen actitudes negativa hacia ellos, aun cuando ni siquiera han tenido contacto directo o visual (Castilla y Viñas, 2012; Torres y Fernández, 2012).

MESOAMÉRICA PRECOLOMBINA

Un ejemplo de que esta visión negativa de los murciélagos es infundada la encontramos en el culto a deidades y seres sobrenaturales relacionados con estas especies que muestran otro aspecto de los murciélagos.

En las culturas mesoamericanas precolombinas el mundo era concebido a través del principio de la dualidad y la vida se desarrollaba en estrecha relación con la naturaleza (Montañez y Martínez, 2013). En ellas el murciélago era asociado a la muerte y la oscuridad a la vez que de fertilidad y la sexualidad. En culturas como la maya la muerte era tan importante como la vida (Romero, 2013).

El culto al murciélago en Mesoamérica se remonta al año 500 a. C. aproximadamente (M. T. Muñoz, 2006). Puede que el murciélago fuera visto no como un dios sino como un ser sobrenatural, una manifestación de lo sagrado (Romero, 2013).

Tabla 7.- Nombres del murciélago en lenguas mesoamericanas (M. T. Muñoz, 2006).

Nombre	Lengua
<i>Tzinacan</i>	Náhuatl
<i>Zotz</i>	Maya
<i>Bigidiri beela,</i> <i>Bigidiri zinia</i>	Zapoteco
<i>ticuchi léble</i>	Mixteco
<i>thut</i>	Huasteco
<i>nitsoasts</i>	Pame del norte
<i>ntsúats</i>	Pame del sur
<i>tsat's</i>	Otomí
<i>tsoats</i>	Otomipame

MUERTE

Al murciélago se le asocia con muerte por la decapitación en diferentes historias, códices y material arqueológico (Echeverría y López, 2010). En el “altar de los animales de la muerte”, escultura mexicana, se hallan talladas las figuras de la lechuza, el escorpión, la araña y el murciélago (Figura 16). Estos animales son asociados a al inframundo y al dios de los muertos. Aquí la representación del murciélago lo muestra con estrellas en su manto que enfatizan su carácter nocturno y lleva símbolos de muerte como el cuchillo de sacrificios y corazones humeantes en sus garras (Díaz, 2008). En el Popol Vuh se narra cómo los creadores hicieron a la humanidad con tierra, pero los hombres de esta primera generación se desmoronaban y hablaban sin sensatez, por lo cual fueron destruidos. Una segunda generación se hizo con madera pero en estos hombres tampoco había sabiduría así que fueron de nuevo destruidos y fue Camazotz, el Murciélago de la muerte, el encargado de cortar sus cabezas (*POPOL-VUH*, s.f.). Los códices Fejervary-Mayer y Vaticano b son otro ejemplo de la asociación del murciélago con la decapitación (Figura 17).



Figura 16.- Altar de los animales de la muerte (Díaz, 2008).

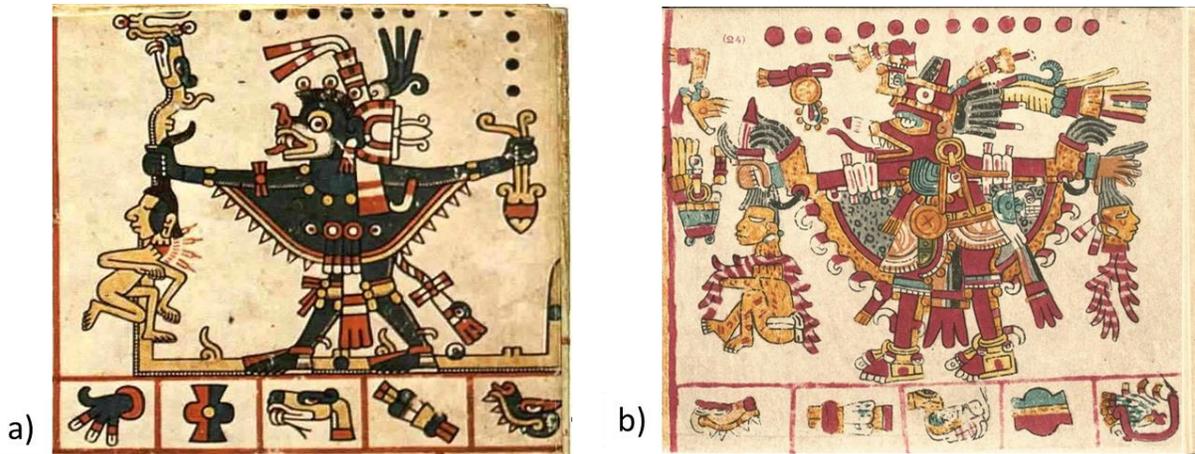


Figura 17.- a) Códice Fejervary-Mayer p. 41, b) Códice Vaticano b, p. 24.

OSCURIDAD

Los murciélagos de América son todos de hábitos nocturnos y por esta razón son asociados a la noche. Incluso se llegó a considerar al murciélago como devorador de luz. Tal vez porque su salida de las cuevas coincide con la puesta del sol. Esto se refleja en el pasaje del Popol Vuh donde se narra cómo Camazotz decapita a Hunahpú, uno de los gemelos que son puestos a prueba en el

inframundo, y que se convierte después en el sol. Se refuerza esta idea en las creencias de algunos indios de Brasil que creen que el mundo terminara cuando el murciélago devore al sol otras tribus creen que los eclipses ocurren porque los murciélagos ocultan el sol con sus alas (Charro, 1999; Romero, 2013).

Para las culturas mesoamericanas las cuevas representaban la entrada al inframundo (Xibalba o Mitnal), en ellas se pueden refugiar miles e incluso millones de murciélagos (Tuttle y Moreno, 2005).

SEXUALIDAD Y FERTILIDAD

Se dice que el murciélago nació del semen de Quetzalcóatl (principal dios mesoamericano) derramado sobre una piedra mientras se bañaba. Esto puede simbolizar la unión del dios con la tierra (Romero, 2013) de donde sale el murciélago cada noche a través de las cuevas. El murciélago por orden de los dioses fue y arrancó a Xochiquétzal (diosa de la fertilidad y la belleza) lo que tenía dentro de su órgano genital y de ello nació el cempoalxóchitl (flor de los muertos) (*Códice Magliabechiano*, s.f.).

Los murciélagos suelen entrar de manera aislada a sus cuevas después de alimentarse por la noche, pero al atardecer salen de ellas en grupos numerosos. Esto para los antiguos mesoamericanos pudo representar la reproducción de estos animales. Sobre todo dado que consideraban a las cuevas como el útero de la tierra (Romero, 2013).

También se le asocia con la fertilidad. Algunos códigos muestran sacerdotes con atuendos del dios murciélago durante las festividades vinculadas al maíz y la fertilidad. Y en algunas zonas de México, las mujeres embarazadas visitan las cuevas habitadas por los murciélagos portando ofrendas para pedir un parto fácil como el de estas criaturas (Charro, 1999)

Los kogis de sierra nevada, Santa Martha, Colombia creen que una mujer mordida por un murciélago ha madurado sexualmente. Para ellos ofrecer el primer semen y menstruación al murciélago asegura fertilidad. Y durante el ritual de San Sebastián jóvenes zinacantecos (zinacantan: lugar de los murciélagos) se visten de murciélagos. Estos jóvenes son escogidos por su reputación de activos sexualmente.

CHOQUE CULTURAL

Con la conquista los españoles trajeron una visión de la naturaleza muy distinta a la de las culturas mesoamericanas. Para los conquistadores la etapa en la que se dependía de los ciclos de lluvia y secas habían pasado hacía tiempo y su relación con la naturaleza era de dominancia más que de convivencia y codependencia (Montañez y Martínez, 2013). El choque cultural que tuvo lugar durante la conquista española dio como resultado la aceptación de la visión del conquistador (Montañez y Martínez, 2013) y es probable que ocasionara la fusión de mitos relacionados con los vampiros (Christen, 2003).

RECAPITULACIÓN

La rabia transmitida por murciélagos vampiro es una enfermedad que afectaba a los pueblos nativos de América mucho antes de la llegada de los españoles. Sin embargo, la alta densidad de vampiros en zonas ganaderas sugiere que la conquista contribuyó al incremento en las poblaciones de esta especie, al introducir grandes rumiantes al continente que representan una fuente abundante y segura de sangre.

Ahora el vampiro, que antaño fue respetado y adorado, es temido y cazado por la mortandad que causa a animales de granja, especialmente en el ganado bovino y en menor medida por su papel en la transmisión de la rabia al humano. El *Desmodus rotundus* no es una especie en riesgo, pero la ignorancia que rodea a los murciélagos en general lleva a la población a suponer que cualquiera de estos mamíferos es perjudicial y pueden tomar acciones en su contra. Por desgracia algunas de las especies de murciélagos que habitan en el estado se enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. *Choeronycteris mexicana*, *Leptonycteris nivalis* y *L. curasoae* son especies nectarívoras que cumplen con un importante rol en el ecosistema como los principales polinizadores de agaves y cactáceas (Soriano, Ruiz, y Nassar, 2000; Tuttle y Moreno, 2005). De acuerdo con SEMARNAT (2010), estas tres especies están “Amenazadas”, lo que significa que:

“podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazos, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su

viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones” (SEMARNAT, 2010a)

Aunque el presente trabajo está enfocado a la salud humana no se puede dejar de mencionar el impacto negativo sobre especies en riesgo derivado de las generalizaciones y mitos que rodean al murciélago vampiro.

El conocimiento de la rabia, de su comportamiento, sus causas, la población en vulnerable y las particularidades de la especie transmisora nos permiten hacer conjeturas acerca del riesgo a contraer esta enfermedad. Sabemos que en el estado de San Luis Potosí hay población viviendo en condiciones similares a las presentadas en otros lugares del continente donde han ocurrido brotes de rabia. Conocemos también la distribución del murciélago vampiro, que abarca la mitad del estado, sus hábitos alimenticios, su movilidad y preferencias sobre sus refugios diurnos. Pero aun así no se registran casos de rabia en humanos.

La ausencia de casos de rabia humana en el estado puede deberse a la falta de reporte, casos mal diagnosticados, no ocurrencia de ataques de murciélagos o a un eficiente programa de prevención. Para tratar de aclarar este punto se aborda a continuación la manera en que se lleva a cabo la vigilancia de esta enfermedad en el país.

CAPÍTULO 3. VIGILANCIA DE LA RABIA

VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA

La vigilancia epidemiológica es un proceso que se lleva a cabo desde la antigüedad. Durante la peste bubónica en Venecia autoridades de salud de la época abordaban barcos con el fin de evitar que personas enfermas desembarcaran (Cartín, Morice, y Badilla, 2003). Así la de vigilancia en sus inicios se limitaba a la identificación de casos.

Actualmente la vigilancia epidemiológica está definida por la OPS como:

“Un proceso lógico y práctico de observación sistemática, activa y prolongada de evaluación permanente, de la tendencia y distribución de casos y defunciones y de la situación de salud de la población. Permite utilizar la información para tomar decisiones de intervención mediante el seguimiento de aquellos eventos o factores determinantes o condicionantes que puedan modificar el riesgo de ocurrencia, a fin de iniciar y completar oportunamente las medidas de control necesarias” (Lemus, Tigre, Ruiz, y Dachs, 1996).

No obstante la vigilancia que se lleva a cabo en México dista de ser del tipo que la OPS describe. Para la Secretaria de Salud, mediante la vigilancia epidemiológica:

“Se realiza la recolección sistemática, continúa, oportuna y confiable de información necesaria sobre las condiciones de salud de la población y sus

determinantes, su análisis e interpretación para la toma de decisiones y su difusión” (SSA, 2013).

Mientras que para la SAGARPA la vigilancia epidemiológica es:

“Conjunto de actividades que permiten reunir información indispensable para identificar y evaluar el curso de las enfermedades, detectar y prever cualquier cambio que pueda ocurrir por alteraciones en los factores condicionantes o determinantes, con el fin de recomendar oportunamente, con bases científicas, las medidas indicadas para su prevención, control y erradicación” (SAGARPA, 2001).

TIPOS DE VIGILANCIA

La forma en que los datos son recolectados permite clasificar la vigilancia epidemiológica de la siguiente manera:

VIGILANCIA PASIVA

El investigador no realiza la búsqueda de la información, sino que la obtiene de registros establecidos como los sistemas de notificación obligatoria de enfermedades. Este tipo de vigilancia es el más sencillo, pero es de baja especificidad y representatividad limitada (Cartín et al., 2003; Galindo, 2011).

VIGILANCIA ACTIVA

En está, el investigador realiza la búsqueda de información específica objeto de vigilancia contactando directamente a los afectados. Este tipo de vigilancia es más costoso pero los datos son más específicos y completos. Se limita a programas de eliminación, investigación y control intensivo de enfermedades (Cartín et al., 2003; Galindo, 2011; I. Taylor y Knowelden, 1964).

VIGILANCIA ESPECIALIZADA.

Es la vigilancia que se realiza a un problema en particular, debido a compromisos internacionales o prioridades nacionales, campañas de eliminación o erradicación, enfermedades transmisibles de notificación individual, etc. Se caracteriza por una rápida detección, inmediata acción y prevención específica (Galindo, 2011).

VIGILANCIA DE LA RABIA EN MÉXICO

La rabia transmitida por el murciélago vampiro (*Desmodus rotundus*) es una enfermedad que afecta principalmente al ganado bovino, de ahí que se le conozca como Rabia Paralítica Bovina (RPB), sin embargo el murciélago vampiro es capaz de transmitir el virus a otras especies de animales domésticos o silvestres e incluso al humano. En esta zoonosis la especie transmisora del virus es silvestre lo que vuelve más complejo el manejo de la enfermedad.

En México la vigilancia epidemiológica de la rabia es llevada a cabo por la Secretaría de Salud (SSA) y la secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SGARPA), enfocándose la primera en la salud humana y la segunda en la sanidad animal.

A pesar de que la SSA reconoce que es necesario un enfoque moderno para afrontar el reto (SSA, 2013), la vigilancia epidemiológica de la rabia que se realiza en el país es pasiva. Se basa en la detección, notificación, estudio, seguimiento de casos y defunciones, mediante la recolección sistemática de información sobre las condiciones de salud de la población y los determinantes de la rabia con el posterior análisis e interpretación para la toma de decisiones y su difusión (DGE, 2012; SSA, 2013). La información sobre morbilidad y mortalidad por rabia en humanos es registrada mediante el sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica (SUIVE) coordinado por la Dirección General de Epidemiología (DGE). Este actúa desde el momento en que se detecta un caso probable (persona con síntomas de la enfermedad o, con antecedentes de contacto con animal rabioso), el cual se debe notificar en las primeras 24 horas de su detección al nivel inmediato superior. La información es registrada y se elabora un estudio epidemiológico del caso consistente en el registro de información sobre el paciente, la exposición, el animal agresor, inicio de los síntomas, defunción (en caso de ocurrir), personas en contacto con el paciente y resultados de laboratorio (DGE, 2012).

Cuando existan dos o más casos asociados epidemiológicamente o se trate de un solo caso en un área donde no existía el padecimiento se considera como un brote y se realizara un estudio epidemiológico del mismo proporcionando información sobre las fechas de inicio y fin, personas infectadas, distribución temporal y espacial de los casos, antecedentes epidemiológicos, la fuente del brote y los mecanismos de transmisión. También se lleva a cabo una búsqueda de personas agredidas. Los estudios epidemiológicos de casos y brotes se verifican y validan antes de ser enviados a nivel estatal y a la DGE. Se elaboran y difunden alertas epidemiológicas y se mantiene actualizado el panorama epidemiológico. Una parte importante de la vigilancia es la caracterización de la variante rábica, esto ayuda a determinar la especie reservorio del virus. La información recabada sirve para conocer la situación epidemiológica así como las áreas y situaciones de riesgo (DGE, 2012).

Por otra parte, la SAGARPA a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) regula, administra y fomenta actividades de sanidad, inocuidad y calidad agroalimentaria, entre las que se encuentra la vigilancia de la rabia en especies ganaderas, pero al igual que la vigilancia de la rabia humana, es del tipo pasiva. La vigilancia epidemiológica comienza con el reporte de casos y termina cuando no haya sospechas de animales rabiosos en los hatos (SAGARPA, 2011). Para esto se cuenta en México con el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SIVE), encargado de coleccionar sistemáticamente la información generada por los diferentes servicios de

salud animal para utilizarla en la planeación, implementación y evaluación de las actividades de diagnóstico, programas de prevención, control, erradicación y para el reconocimiento y mantenimiento de regiones libres de enfermedades (SAGARPA, 2001). Sus procesos básicos son la notificación (considerado el proceso más importante), el seguimiento (proceso de acción en campo en el área o zona afectada) y el cierre. (SAGARPA, 2001).

NOTIFICACIÓN

La norma Oficial Mexicana NOM-067-ZOO-2007 especifica que la morbilidad, mortalidad, sospecha o confirmación de rabia en los animales debe ser notificada inmediatamente a la SAGARPA. El reporte lo deben hacer los propietarios de animales, Organismos Auxiliares de Sanidad Animal, Comités de Fomento y Protección Pecuaria, Médicos Veterinarios Zootecnistas y, en general, cualquier persona involucrada en la producción, transporte o sacrificio de animales, así como laboratorios de diagnóstico (SAGARPA, 2011).

SEGUIMIENTO

Esta etapa incluye las medidas de prevención y control que involucra el muestreo, diagnóstico y vacunación de ganado, así como el control de poblaciones de murciélagos vampiro (ver capítulo 1). Las actividades del seguimiento deben de contar con información detallada y georreferenciada. La vigilancia incluye también los estudios sobre los reservorios o vectores; informes

sobre el uso de biológicos y medicamentos; y datos sobre la población animal, población humana y del ambiente (SAGARPA, 2011).

CIERRE

El cierre de un brote se lleva a cabo una vez que no existan casos o sospecha de la enfermedad en la zona afectada (SAGARPA, 2011).

INFRAESTRUCTURA

El diagnóstico de la rabia tanto humana como animal requiere de laboratorios debidamente equipados, no solo para el diagnóstico en sí, sino también para el adecuado manejo de muestras. En México existen solo 8 laboratorios autorizados por la SAGARPA para realizar el diagnóstico de la rabia en materia de zoonosis. Estos se encuentran en los estados de Campeche, Chihuahua, Michoacán, Querétaro, Sonora, Tabasco, Yucatán y Zacatecas (SENASICA, 2014a). Para el diagnóstico de rabia en muestras humanas el sector salud cuenta con una Red Nacional de Laboratorios de Salud Pública (RNLSP) conformada por laboratorios estatales de 24 entidades (Figura 18). Esta red está encabezada por el laboratorio de rabia del Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos (InDRE, 2014). El diagnóstico también pueden realizarlo asociaciones ganaderas y escuelas de veterinaria.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL RIESGO DE RABIA HUMANA TRANSMITIDA POR EL MURCIÉLAGO VAMPIRO (DESMODUS ROTUNDUS) EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ.



Figura 18.- Estados con laboratorios equipados para el diagnóstico de rabia (InDRE, 2014; SENASICA, 2014a).

RECURSOS

La vigilancia de la rabia en humanos, perros y gatos se realiza por parte de la SSA.

La rabia en especies ganaderas se controla y previene mediante acciones conjuntas entre los sectores público, social y privado. Los recursos utilizados para tal objetivo pueden provenir de la SAGARPA, los Gobiernos Estatales, Gobiernos Municipales, Grupos Organizados, Comités de Fomento y Protección Pecuaria, Uniones Ganaderas Regionales y aquellos que los productores tengan destinados para tal efecto (SAGARPA, 2011).

Por parte de los gobiernos federal y estatal se aportaron de 2006 a 2013 \$248,743,618.00 para la campaña contra la rabia en especies ganaderas (Figura 19) (Cortés, 2013). Mientras que para el estado de San Luis Potosí en el año 2011 el presupuesto conjunto para esta campaña fue de \$2,788,205 lo que representa el 14% del presupuesto destinado en este año para salud animal (Figura 20) (SAGARPA y SENASICA, 2011).

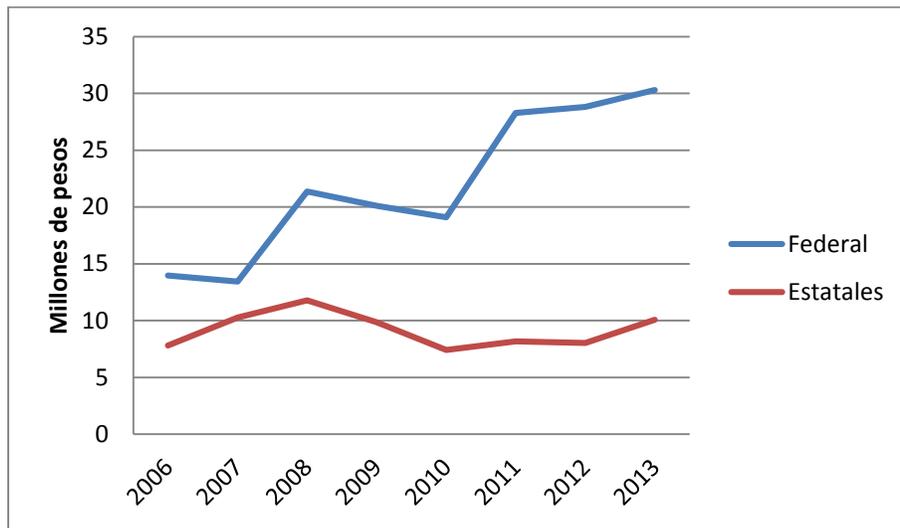


Figura 19.- Presupuesto destinado al control de la rabia transmitida por murciélagos en especies ganaderas a nivel nacional (Cortés, 2013; SAGARPA y SENASICA, 2011).

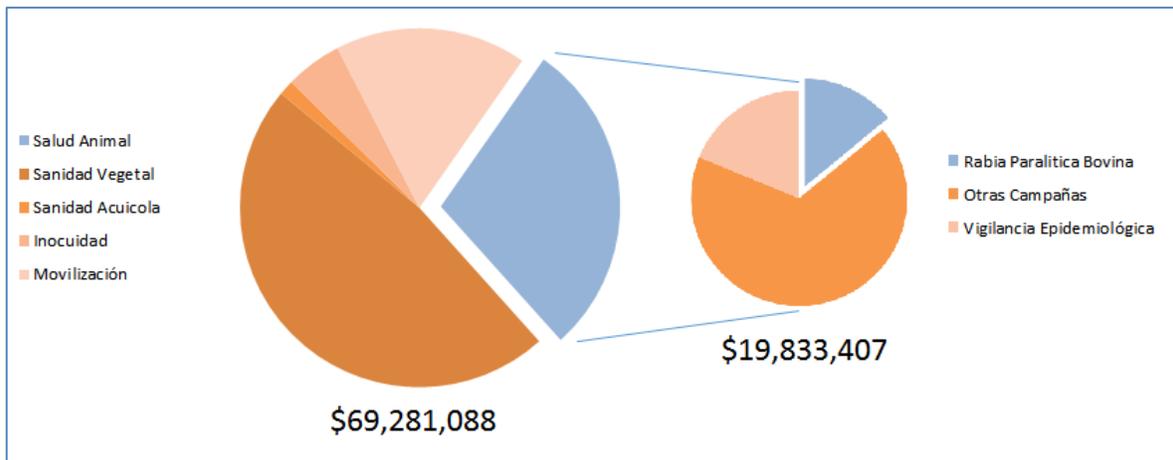


Figura 20.- Distribución del presupuesto para sanidades del Programa de Prevención y Manejo de Riesgos en el estado de San Luis Potosí (SAGARPA y SENASICA, 2011).

VIGILANCIA EN SAN LUIS POTOSÍ.

La prevención y control de la rabia en el estado de San Luis Potosí está a cargo del Centro de Control de Rabia y otras Zoonosis, tanto en áreas urbanas como rurales, en coordinación con los ayuntamientos y con las secretarías de Marina, de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y de Agricultura, Ganadería,

Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (“Ley de salud del estado de san luis potosi,” 2014).

De acuerdo con los servicios de salud del estado de San Luis Potosí, se establecieron criterios para la detección, atención, seguimiento y manejo de las personas expuestas y/o agredidas por caninos, felinos y otras especies, a través de una vigilancia epidemiológica activa (Servicios de salud de San Luis Potosí, 2014b). Sin embargo no se hace mención de los mecanismos de esta “vigilancia activa”.

Información obtenida a través de la Comisión Estatal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COEPRIS) muestra que del 2000 al 2013 fueron atendidas en centros de salud 160 por ataques de murciélago (Figura 21). Más de tres cuartas partes de los ataques (125) ocurrieron en la región Huasteca en municipios con algún grado de marginación, 17 en la región Media, 15 en Centro y 3 en el Altiplano. Ninguna de las personas agredidas desarrollaron rabia.

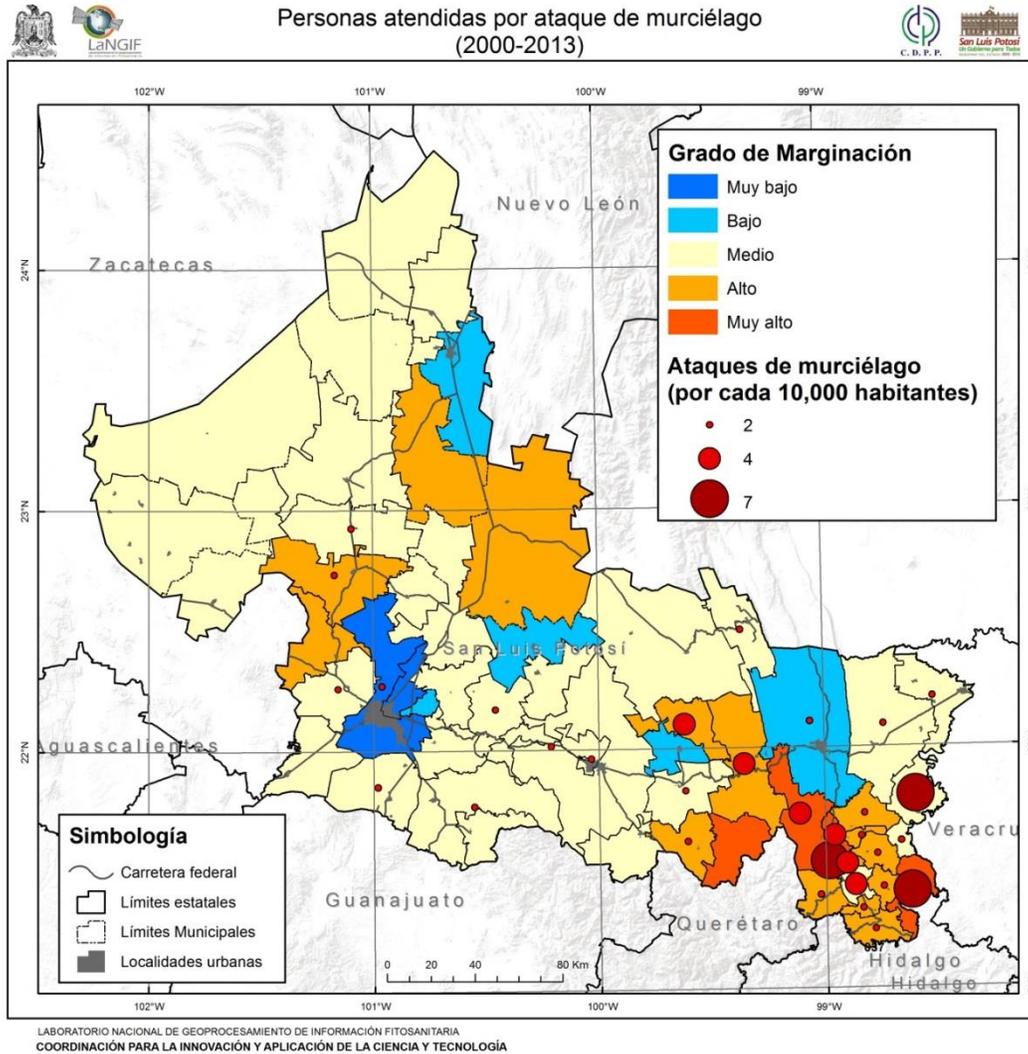


Figura 21.- Distribución de ataques de murciélagos a personas (COEPRIS, 2014).

VIGILANCIA DE EBLV EN EUROPA

Cabe destacar que países como Bélgica, Francia, Suiza, España y el Reino Unido han aplicado programas de vigilancia activa para la detección de lyssavirus en especies de murciélagos aun cuando los casos de rabia transmitida por quirópteros en Europa son muy escasos (Racey, Hutson, y Lina, 2013)(Harris et al., 2006; Racey et al., 2013; Seguí et al., 2013). Sin embargo en los países en

desarrollo la importancia de las zoonosis esta subestimada debido a la falta de vigilancia eficiente y carencia en el conocimiento de los riesgos asociados (Cediel, Villamil, Romero, Renteria, y De Meneghi, 2013).

RECAPITULACIÓN

Debido al carácter pasivo de la vigilancia que se realiza en San Luis Potosí es probable que haya una subestimación del riesgo. Depender de la voluntad y capacidad de la persona atacada para realizar el reporte y recibir el tratamiento evita tener una buena aproximación a la magnitud del problema.

Los reportes de agresiones por murciélago no son específicos, pero la mayor parte ocurrieron en la región huasteca donde ocurren también la mayor parte de los casos de rabia en ganado. Además más del 90% de los casos de rabia en los que estuvo involucrada una especie de murciélago fueron ocasionados por el vampiro. Esto hace suponer que la mayor parte de los ataques reportados en el estado pueden deberse a esta especie.

La información hasta ahora presentada demuestra que en el estado de San Luis Potosí hay murciélagos vampiro infectados con el virus de la rabia, población humana en condiciones de vulnerabilidad y agresiones de murciélagos a personas.

Para cumplir con el objetivo general establecido se ha seleccionado una serie de factores en base a revisión bibliográfica y disponibilidad que se integraran en un mapa de riesgo. El proceso de obtención, integración y resultados se tratan en los siguientes apartados.

METODOLOGÍA

DESCRIPCIÓN DEL SITIO

El estado de San Luis potosí se encuentra en la región Centro-Norte de México entre los 24°22' y 21°07' N y los 98°20' y 102°17' W. Su superficie es de 62,304.74 km². Colinda al Norte con Nuevo León, al noreste con Tamaulipas, al este con Veracruz, al sureste con Hidalgo, al oeste con Zacatecas, al sur con Querétaro y Guanajuato. Se compone de 58 municipios divididos en 4 regiones geográficas: Altiplano, Centro, Media y Huasteca (Figura 22).

El clima en el estado es principalmente templado y seco en la región altiplano y centro; semicálido semihumedo en la región media; y en la región huasteca va del templado al cálido y del subhúmedo a húmedo (Figura 23). El estado se encuentra dividido en tres regiones biogeográficas importantes, el Altiplano Mexicano, la Sierra Madre Oriental y la del Golfo de México.

Su población es de 2,585,518 de habitantes lo que representa el 2.35 de la población nacional. Un 14% de la población del estado es indígena (361,653 habitantes), principalmente de las etnias Náhuatl, Huasteca y Pame.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL RIESGO DE RABIA HUMANA TRANSMITIDA POR EL MURCIÉLAGO VAMPIRO (DESMODUS ROTUNDUS) EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ.

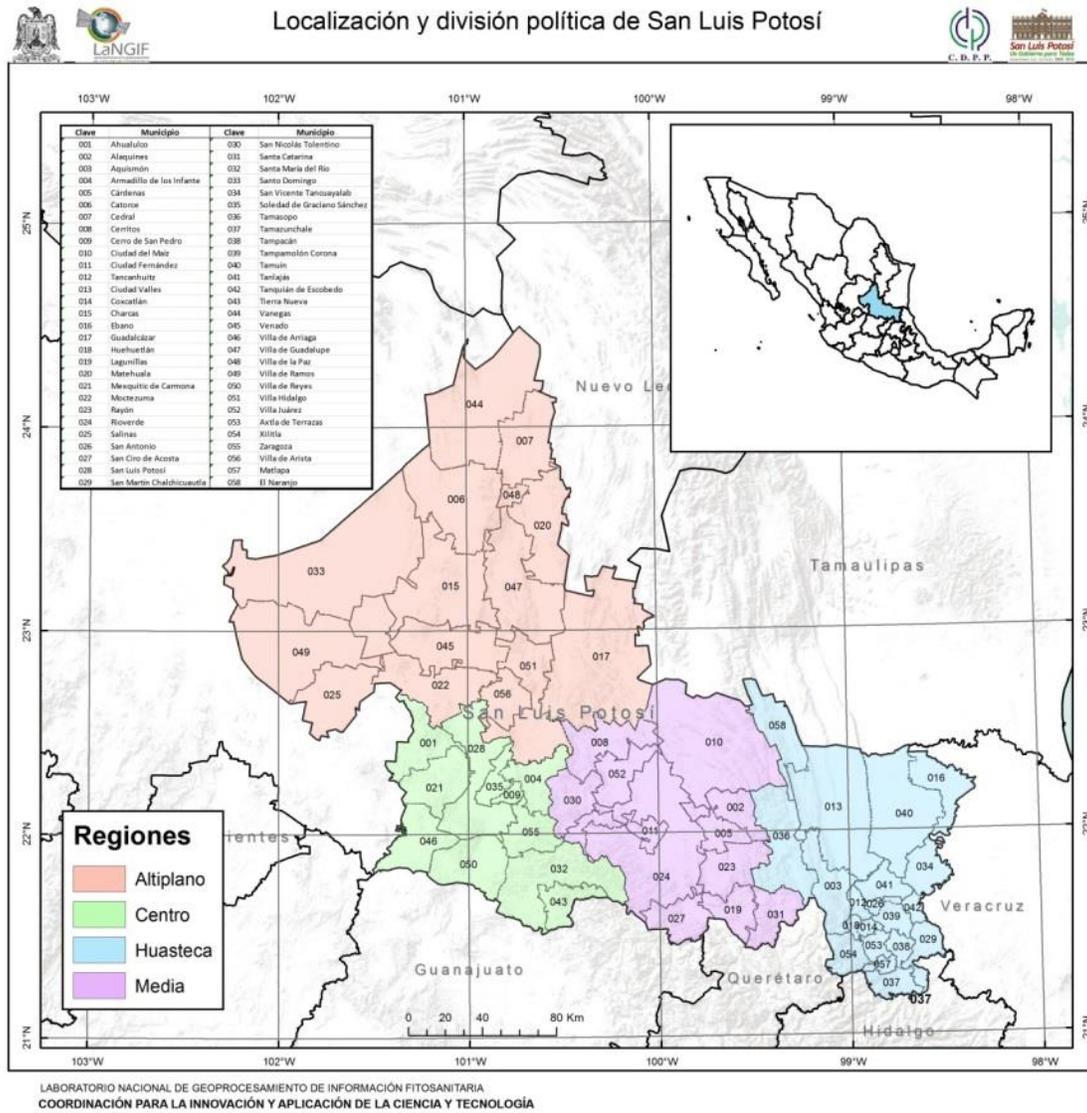


Figura 22. Localización de San Luis Potosí (elaboración propia).

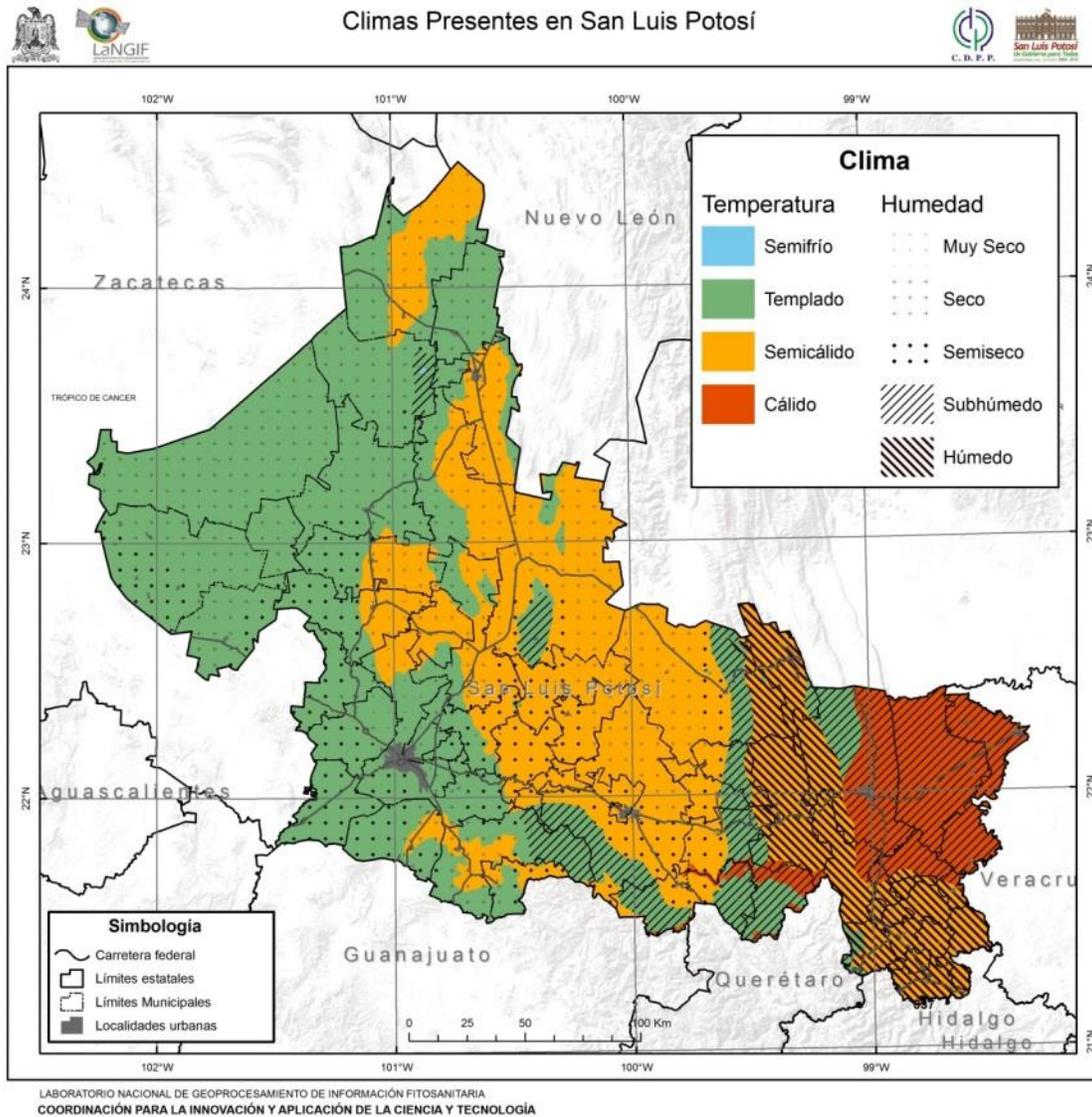


Figura 23. Climas de San Luis Potosí (elaboración propia).

RIESGO

La definición de riesgo adoptada para el presente trabajo es la utilizada por la Organización mundial de la Salud (OMS) según la cual el riesgo es el resultado de la combinación de dos factores, el **peligro** y la **vulnerabilidad** (WHO, EHA, y EHTP, 1998).

Para la OMS el peligro es la amenaza. Puede ser un evento, contaminante o agente biológico con el potencial de causar daño al humano, a su propiedad o sus actividades. Ejemplos de peligro son las tormentas, terremotos, virus, bacterias, metales pesados, etc.

La vulnerabilidad es una condición, es la predisposición de los individuos, grupos, comunidades e incluso estructuras a ser afectadas por un peligro en particular. La vulnerabilidad, a su vez, está compuesta de dos factores, la **susceptibilidad** y la **resiliencia**.

La susceptibilidad es el hecho de estar expuesto al peligro. Se puede ser susceptible a un peligro determinado, pero no ser vulnerable. Como ejemplo: si una familia habita en una zona amenazada por deslizamientos, su casa y ellos son susceptibles, pero si cuentan con algún muro de contención que proteja su hogar no serán vulnerables. En este ejemplo se hace presente el otro factor de la vulnerabilidad, la resiliencia. La resiliencia es la capacidad de resistir, ajustarse y recuperarse a las consecuencias de un peligro.

En el caso de la rabia transmitida por murciélago vampiro se reconocen los siguientes factores de riesgo (Figura 24):

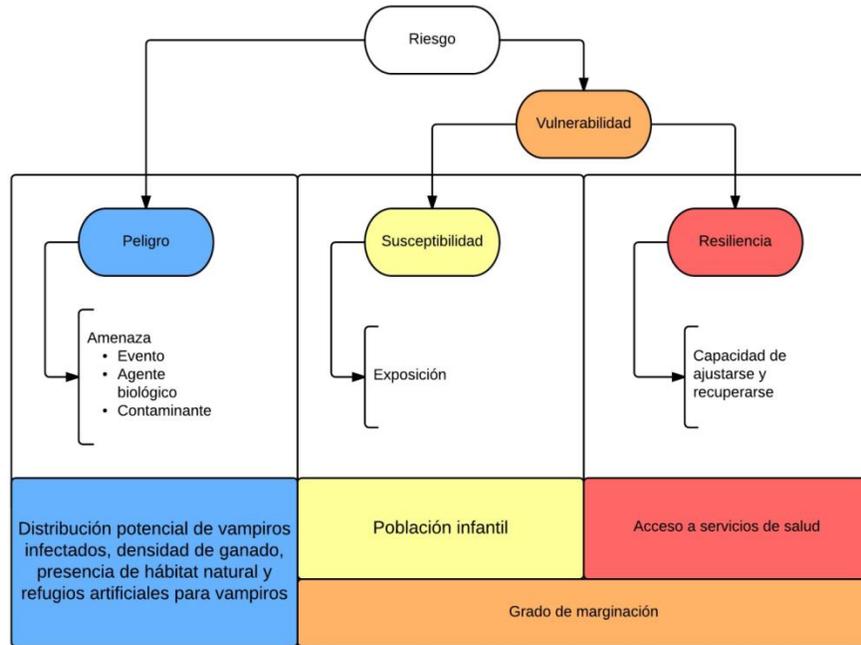


Figura 24.- Conceptualización del riesgo e indicadores (elaboración propia).

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE VAMPIROS INFECTADOS

El murciélago vampiro es el principal transmisor del virus de la rabia en América Latina. Para conocer la distribución potencial de murciélagos vampiro infectados con el virus de la rabia se corrió un modelo de máxima entropía (MaxEnt) utilizando registros animales domésticos y silvestres diagnosticados positivos a rabia y 11 variables bioclimáticas. Los modelos de distribución de especies estiman la relación entre registros de especies y las características ambientales y espaciales del sitio de registro (Elith, Phillips, Hastie, y Dudí, 2011).

El modelo MaxEnt se corrió con 782 registros de casos de rabia en especies animales domésticas y silvestres proporcionadas por el Comité Estatal para el Fomento y Protección Pecuaria de San Luis Potosí (Tabla 8). La razón de utilizar estos casos como registros de murciélago vampiro fue que la rabia en ganado es transmitida por esta especie. Las especies silvestres fueron murciélagos vampiro, así como dos zorrillos y un venado en cuyas muestras se identificaron las variables v3 y v11 del virus, las cuales son transmitidas por murciélago vampiro (Figura 25 y Figura 26).

Tabla 8. Casos de rabia utilizados en el modelo MaxEnt (CEFPPSLP, 2014).

Especies infectadas	
Ganado	Registros
Bovino	703
Equino	35
Ovino	13
Caprino	4
Especies Silvestres	Registros
Vampiro	24
Zorrillo	2
Venado	1

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL RIESGO DE RABIA HUMANA TRANSMITIDA POR EL MURCIÉLAGO VAMPIRO (DESMODUS ROTUNDUS) EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ.

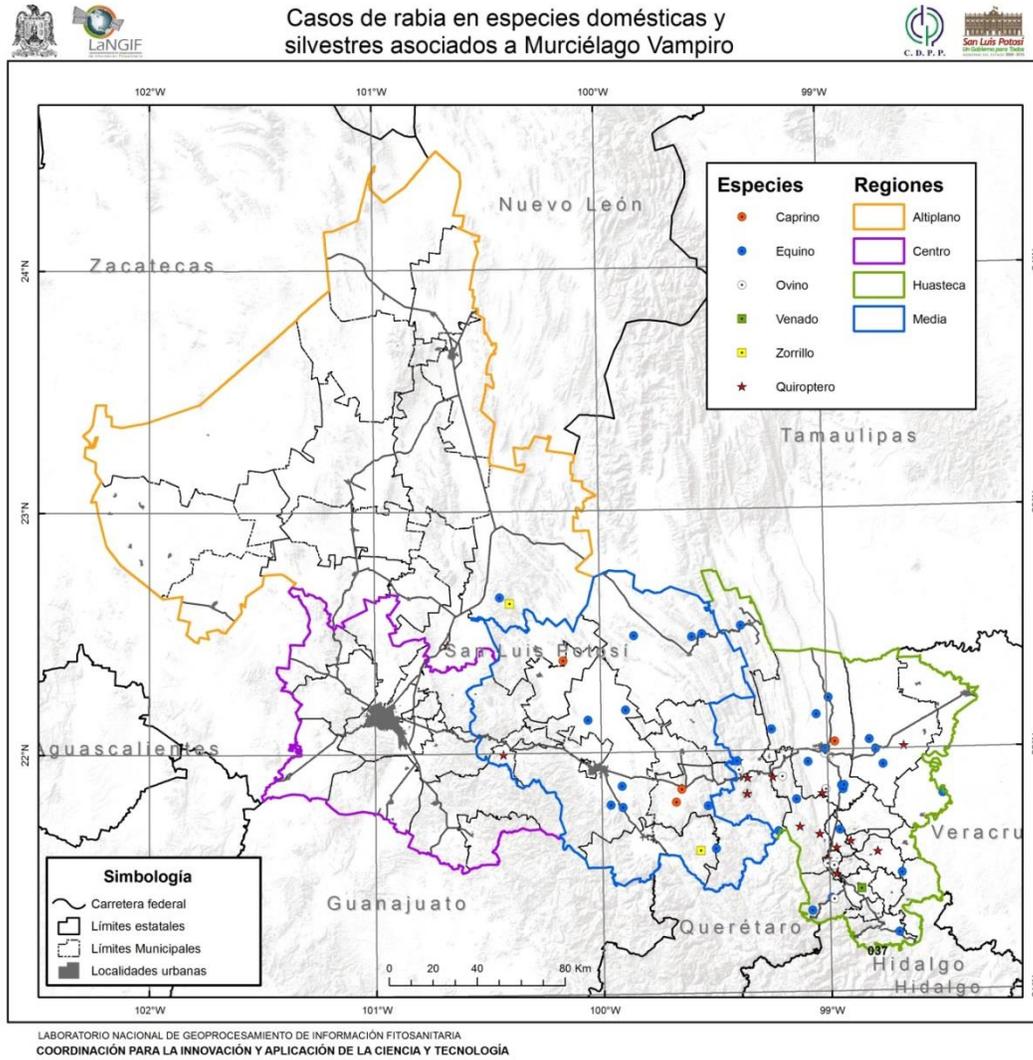


Figura 25. Rabia en especies ganaderas (no bovinos) y silvestres (CEFPPSLP, 2014).

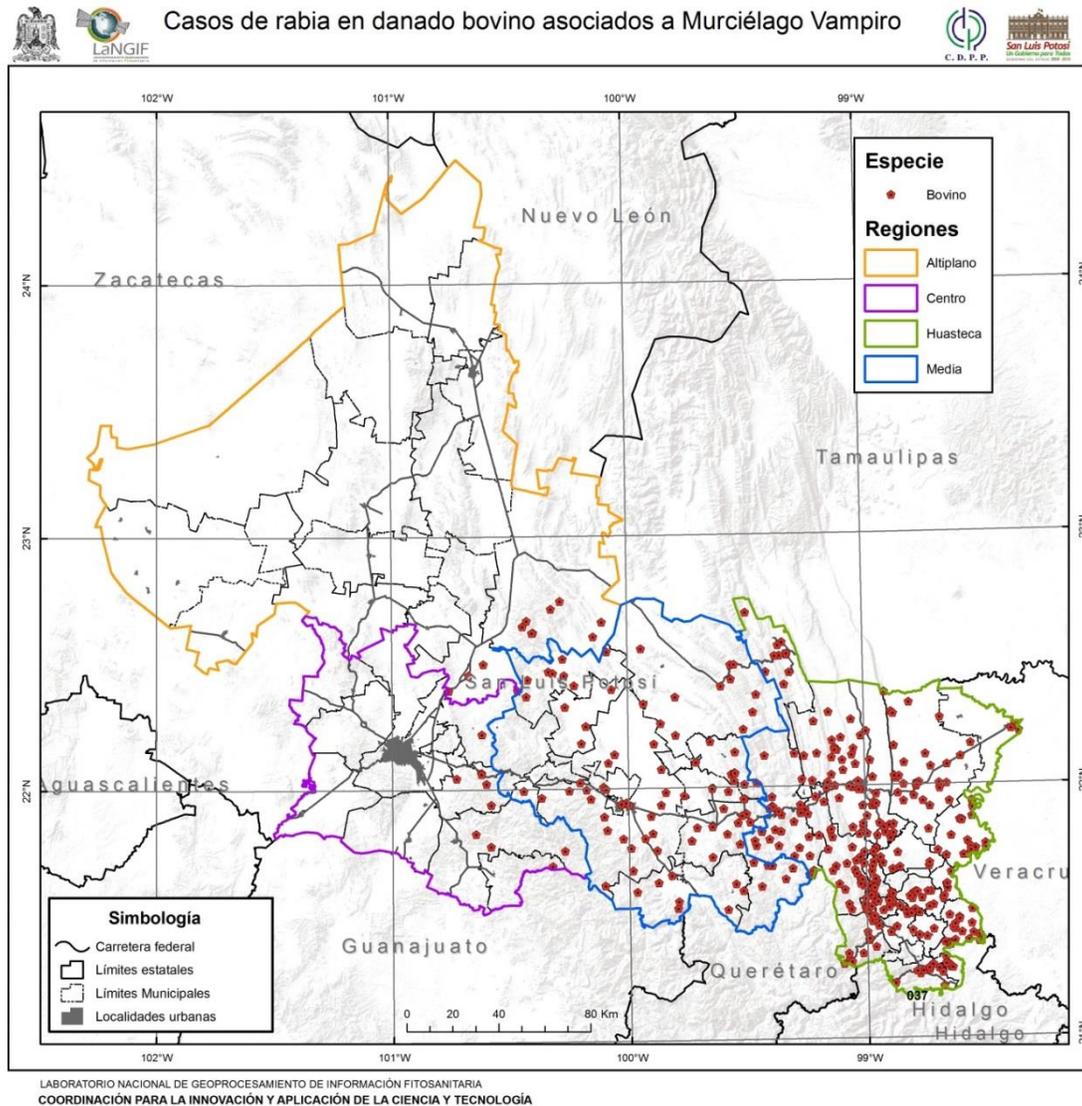


Figura 26. Rabia en ganado bovino (CEFPPSLP, 2014).

Las variables bioclimáticas utilizadas fueron las correspondientes a la época actual (1950-2000) con resolución de 30 segundos obtenidas de WorldClim (Hijmans, Cameron, y Parra, 2014). Estas variables derivan de valores mensuales de temperatura y precipitación (Tabla 9). Son variables biológicamente significativas que representan tendencias anuales, estacionalidad y valores extremos de factores ambientales (Hijmans et al., 2014).

El programa MaxEnt calcula la distribución geográfica más probable para una especie. Estima la probabilidad de ocurrencia de la especie buscando la distribución más uniforme posible (máxima entropía) y asigna un peso o porcentaje de contribución de cada variable al modelo. El resultado es un archivo raster con pixeles cuyos valores representan la idoneidad del hábitat en función de las variables ambientales. Un valor de pixel alto indica condiciones muy favorables para la presencia de la especie (Benito de Pando y Peñas de Giles, 2007).

Tabla 9. Variables bioclimáticas usadas en el modelo de máxima entropía (Hijmans et al., 2014).

Nombre	Variable
Bio_1	Temperatura promedio anual
Bio_2	Oscilación diurna de la temperatura
Bio_3	Isotermalidad
Bio_4	Estacionalidad de la temperatura
Bio_5	Temperatura máxima promedio del mes más cálido
Bio_6	Temperatura mínima promedio del mes más frío
Bio_7	Oscilación anual de la temperatura
Bio_8	Temperatura promedio del trimestre más lluvioso
Bio_9	Temperatura promedio del trimestre más seco
Bio_10	Temperatura promedio del trimestre cálido
Bio_11	Temperatura promedio del trimestre más frío
Bio_12	Precipitación anual
Bio_13	Precipitación del mes más lluvioso
Bio_14	Precipitación del mes más seco
Bio_15	Estacionalidad de la precipitación
Bio_16	Precipitación del trimestre más lluvioso
Bio_17	Precipitación del trimestre más seco
Bio_18	Precipitación del trimestre más cálido
Bio_19	Precipitación promedio del trimestre más frío

Para obtener un modelo mejor ajustado a la distribución potencial de Murciélagos vampiro infectados se corrió un modelo de distribución con variables seleccionadas a fin de evitar a utilización de predictores altamente correlacionados (Merow, Smith, y Silander, 2013). El criterio para la selección fue eliminar del modelo aquellas variables correlacionadas fuertemente con otras variables de mayor peso.

Para seleccionar las variables más adecuadas se corrió un primer modelo con los registros rabia en especies ganaderas y silvestres y las 19 variables bioclimáticas con lo que se determinó el peso de cada una (Tabla 10).

Tabla 10. Variables bioclimáticas y sus respectivos pesos en un primer modelo de distribución.

Variable	Nombre	Peso (%)
Estacionalidad de la temperatura	Bio_4	44.7
Temperatura promedio del trimestre más frío	Bio_11	17.3
Estacionalidad de la precipitación	Bio_15	16.5
Precipitación del trimestre más seco	Bio_17	12
Oscilación anual de la temperatura	Bio_7	6.4
Temperatura máxima promedio del mes más cálido	Bio_5	1.4
Precipitación del trimestre más lluvioso	Bio_16	0.5
Temperatura mínima promedio del mes más frío	Bio_6	0.3
Precipitación anual	Bio_12	0.2
Precipitación del mes más seco	Bio_14	0.2
Precipitación del trimestre más cálido	Bio_18	0.2
Temperatura promedio anual	Bio_1	0.1
Temperatura promedio del trimestre cálido	Bio_10	0.1
Precipitación del mes más lluvioso	Bio_13	0.1
Precipitación promedio del trimestre más frío	Bio_19	0.1
Oscilación diurna de la temperatura	Bio_2	0
Isotermalidad	Bio_3	0
Temperatura promedio del trimestre más lluvioso	Bio_8	0
Temperatura promedio del trimestre más seco	Bio_9	0

Posteriormente se analizó la correlación de las 19 variables mediante la herramienta Band Collection Statistics (Spatial Analyst) de ArcMap 9.3. Las variables con una correlación lineal muy alta ($r > 0.9$ o $r < -0.9$) se pueden ver en la Tabla 11.

Tabla 11. Variables bioclimáticas fuertemente correlacionadas (elaboración propia).

Variable 1	Variable 2	Coficiente r
Bio_14	Bio_17	0.99282
Bio_13	Bio_16	0.99096
Bio_6	Bio_11	0.98242
Bio_3	Bio_4	-0.93132
Bio_4	Bio_7	0.92943
Bio_17	Bio_19	0.9117
Bio_14	Bio_19	0.90343
Bio_6	Bio_7	-0.90092
Bio_12	Bio_16	0.9003

Con base en el coeficiente de correlación de Pearson se eliminó la variable de menor peso en cada una de las parejas de variables fuertemente correlacionadas y se corrió un nuevo modelo con las variables restantes (Tabla 12).

Tabla 12. Variables bioclimáticas y sus respectivos pesos en el segundo modelo de distribución para *D. rotundus*.

Variable	Nombre	Peso (%)
Estacionalidad de la temperatura	Bio_4	57.5
Temperatura promedio del trimestre más frío	Bio_11	16.5
Estacionalidad de la precipitación	Bio_15	10.1
Precipitación del trimestre más seco	Bio_17	9.5
Temperatura máxima promedio del mes más cálido	Bio_5	2.9
Oscilación diurna de la temperatura	Bio_2	2.5
Precipitación del trimestre más lluvioso	Bio_16	0.7
Temperatura promedio del trimestre más lluvioso	Bio_8	0.1
Temperatura promedio anual	Bio_1	0.1
Precipitación del trimestre más cálido	Bio_18	0.1
Temperatura promedio del trimestre más seco	Bio_9	0
Temperatura promedio del trimestre cálido	Bio_10	0

PRESENCIA DE HÁBITAT NATURAL PARA MURCIÉLAGOS VAMPIRO

El hábitat del murciélago vampiro son aquellas zonas boscosas o con terreno accidentado donde pueda encontrar la protección ambiental necesaria ya sea en huecos de árboles, grietas en las rocas o cuevas (Delpietro y Russo, 1996). En el estado de san Luis potosí estas condiciones se encuentran en los bosques y selvas donde hay abundancia de árboles grandes y gruesos que puedan ofrecer refugio a las colonias de vampiros así como a las formaciones de roca caliza la cual es más propicia a presentar cuevas y oquedades (Figura 27).

Para determinar el grado de importancia del hábitat natural del murciélago se obtuvo la distancia a selvas y bosques y la distancia a rocas calizas. Debido a que el área de actividad del murciélago vampiro tiene un radio de 10 km se estableció esta distancia como límite.

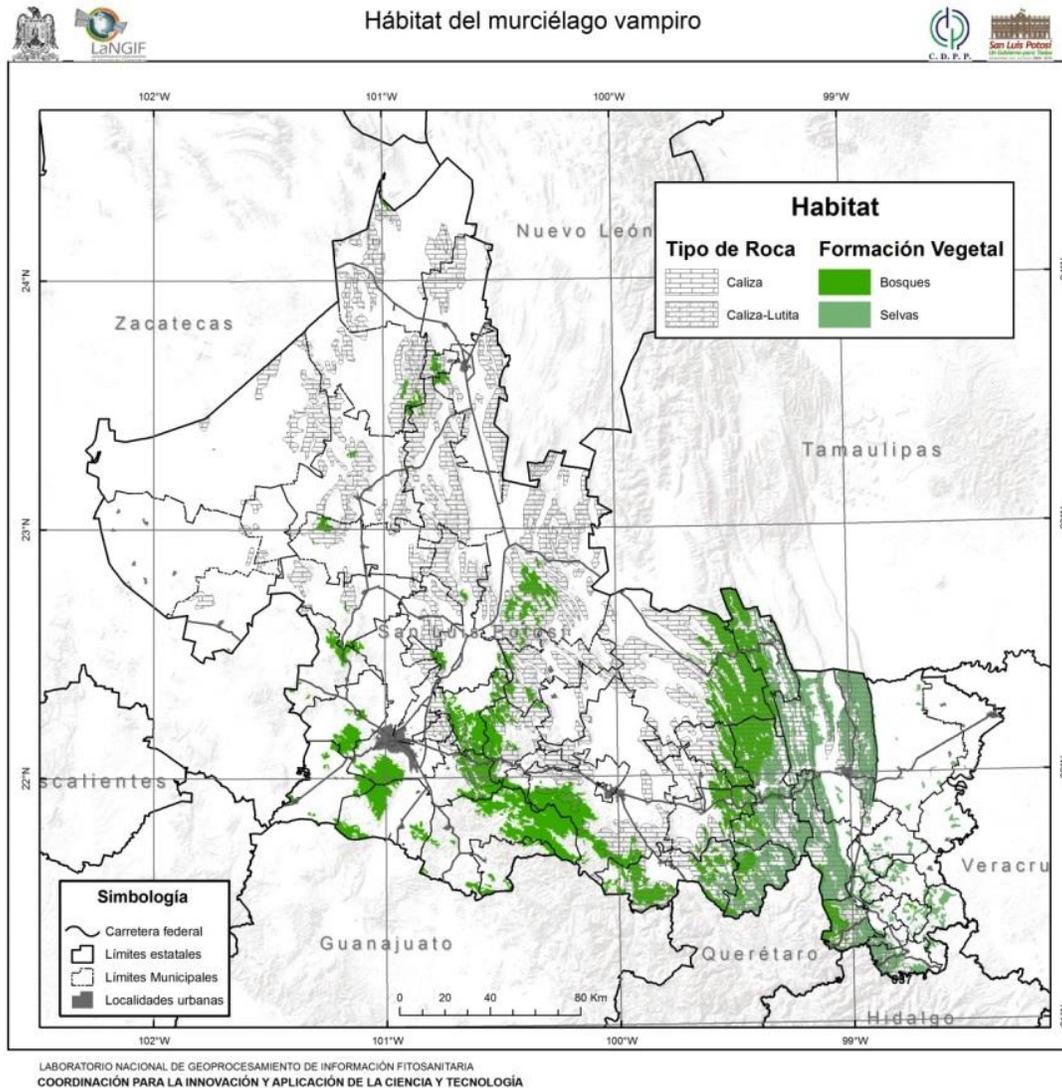


Figura 27. Hábitat del murciélago vampiro (elaboración propia).

PRESENCIA DE REFUGIOS ARTIFICIALES PARA MURCIÉLAGOS VAMPIRO

La presencia en las cercanías de una localidad de potenciales refugios para colonias de murciélagos vampiros es otro factor que influye en el riesgo de infección por rabia. Los posibles refugios de murciélagos vampiro incluyen

pozos, iglesias, túneles, canales de riego, minas, puentes u otras construcciones abandonadas o con poco uso.

Para conocer la disponibilidad de refugios a través del estado se realizó un análisis de densidad con la herramienta Kernel Density (Spatial Analyst) de ArcMap 9.3. La información utilizada fue la localización de iglesias, pozos, minas y puentes en el ámbito rural (Figura 28)(INEGI, 2014). El tamaño de celda utilizado fue de 1,000 m por lado y un radio de búsqueda de 10,000 m. El radio de búsqueda está dado en base al radio de acción promedio del murciélago vampiro.

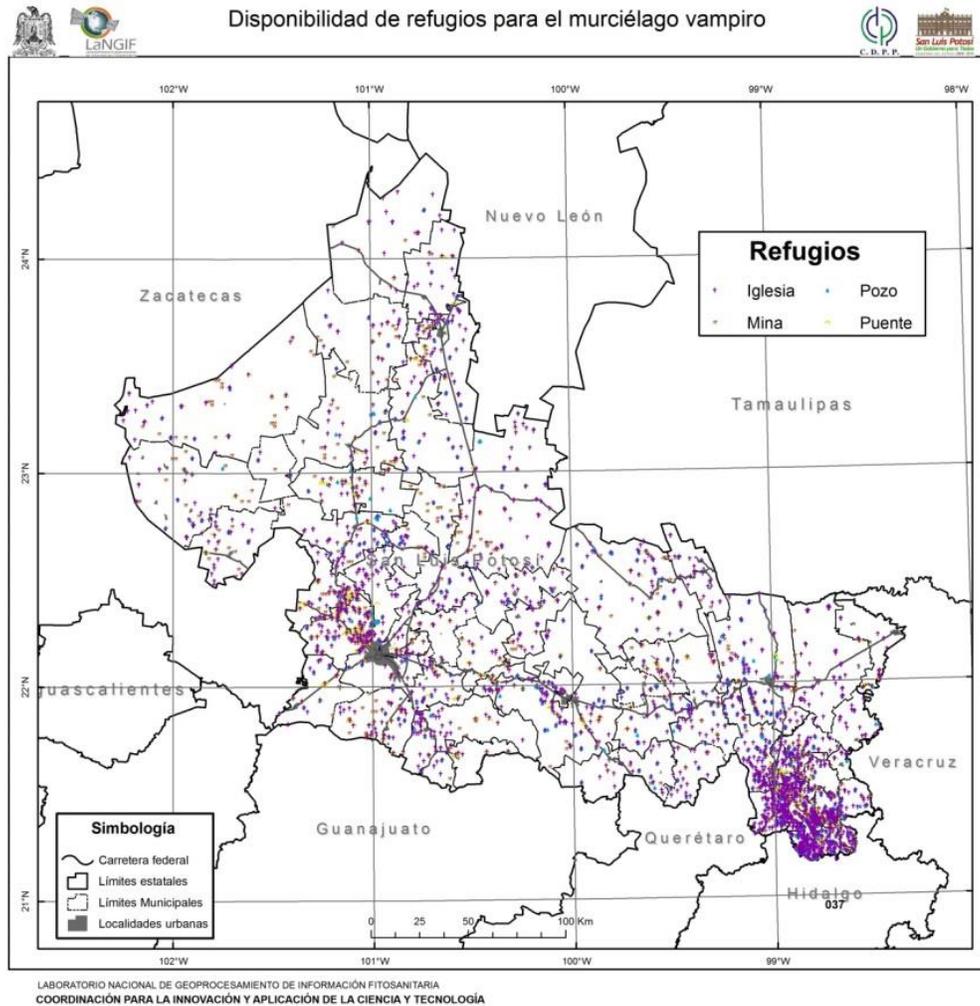


Figura 28. Refugios de murciélago vampiro en San Luis potosí (elaboración propia).

DENSIDAD DE GANADO

Se tomó la densidad de cabezas de ganado como otro factor de riesgo para la infección de rabia transmitida por murciélagos vampiros. Esta información fue obtenida del modelo desarrollado por la División de Producción y Sanidad Animal de la FAO en colaboración con el Grupo de Investigación Ambiental de Oxford (ERGO) para 2005 (Figura 29). Estos mapas son creados a través de la

desagregación espacial de los datos estadísticos basados en relaciones con variables ambientales en zonas similares (Wint y Robinson, 2007).

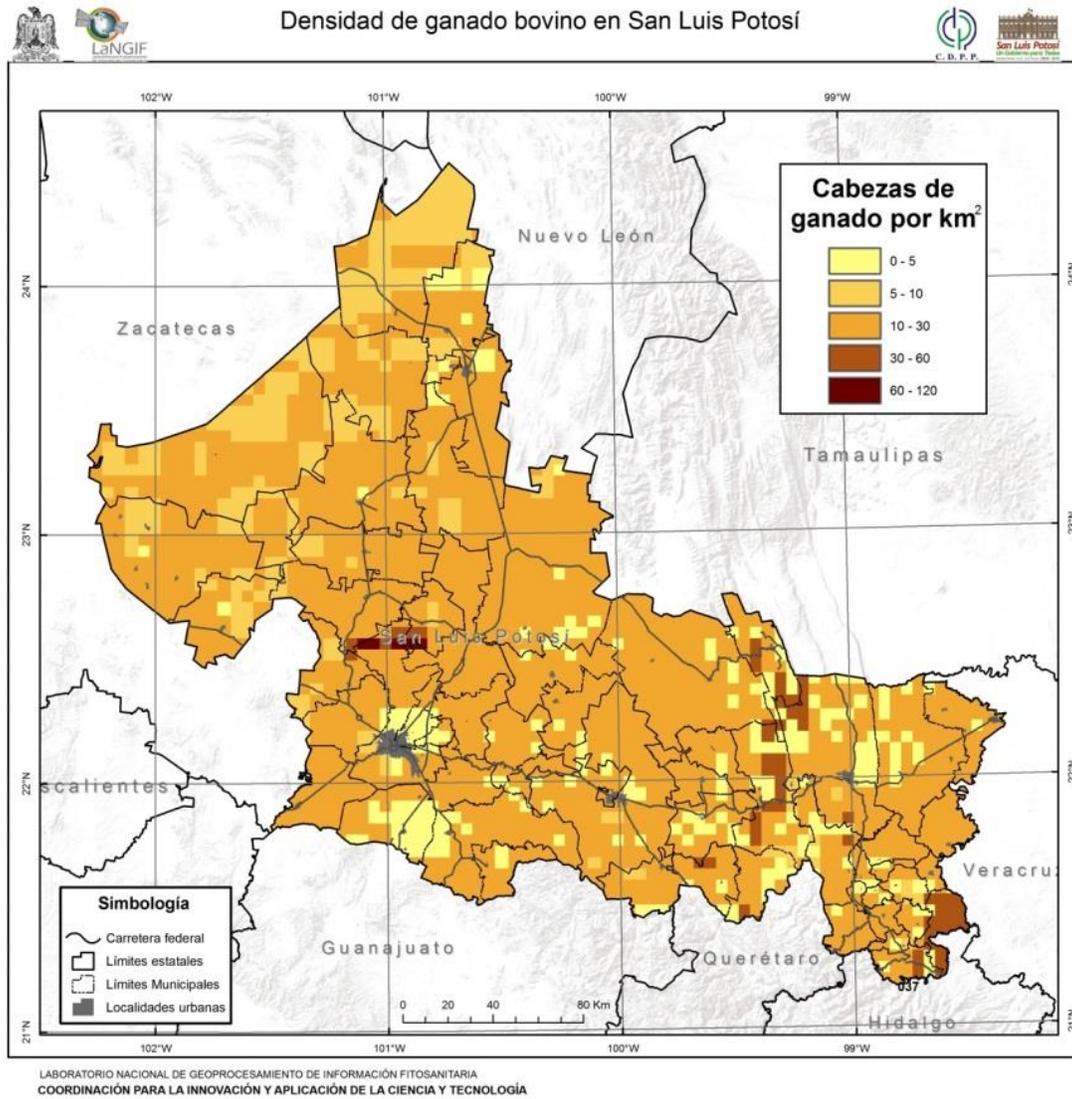


Figura 29. Densidad de ganado bovino en San Luis Potosí (Wint y Robinson, 2007).

POBLACIÓN INFANTIL

La sola presencia de una amenaza no representa riesgo si no hay una población, propiedad o actividad humana susceptible (WHO et al., 1998). Mientras mayor sea la cantidad de personas expuestas a un peligro determinado mayor probabilidad habrá de que ocurra un evento desfavorable, por lo cual la densidad poblacional es tomada en el presente estudio como un indicador de susceptibilidad. Debido a que la mayor parte de los brotes de rabia ocurren en poblaciones pequeñas y el grupo más afectado es el compuesto por menores de 15 años, se tomó en cuenta solo este sector para estimar la población susceptible (Figura 30).

Para obtener la densidad poblacional se realizó un análisis de densidad, con la herramienta Kernel Density (Spatial Analyst) de ArcMap 9.3, sobre un archivo shape con información del censo de población y vivienda 2010 a nivel de localidad* (INEGI, 2010). Los parámetros utilizados fueron la población infantil (<15 años) por localidad rural, tamaño de celda de 1,000 m por lado y un radio de búsqueda de 10,000 m. El radio de búsqueda está dado en base al radio de acción promedio del murciélago vampiro.

* La información utilizada corresponde solo a las comunidades con más de dos viviendas (INEGI, 2010).

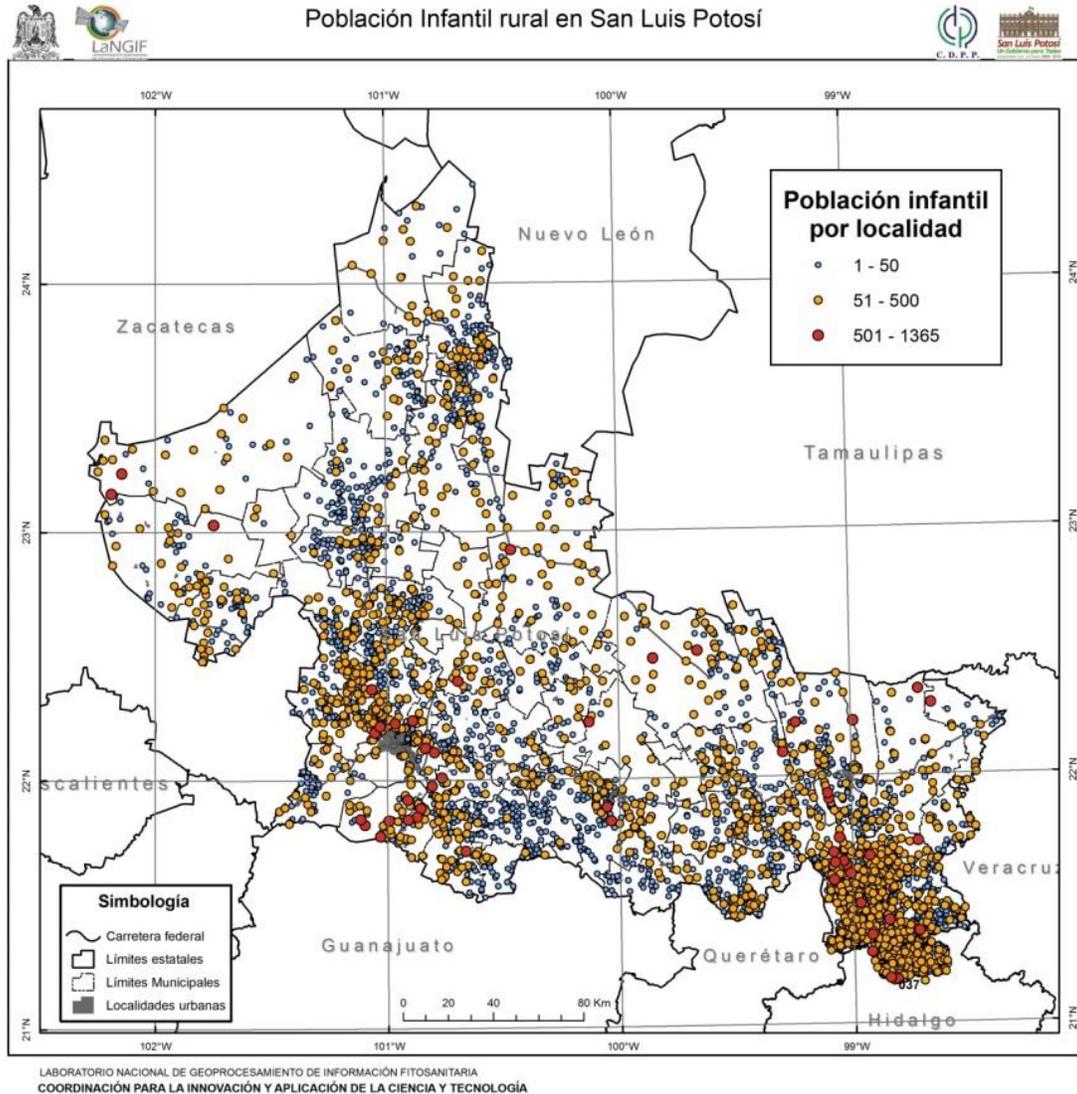


Figura 30. Población rural infantil en San Luis Potosí (elaboración propia).

ACCESO A SERVICIOS DE SALUD

La rabia transmitida por murciélagos afecta principalmente a población que habita zonas rurales (da Rosa et al., 2006; Delpietro y Russo, 1996; Mayen, 2003) donde el contacto con el murciélago vampiro es más común y el limitado acceso a los servicios de salud dificulta el oportuno tratamiento de una persona agredida

(Schneider y Santos, 1995). Aunque es una enfermedad mortal es prevenible si se trata a tiempo y por esta razón se considera la cercanía a los centros de atención médica como un indicador de resiliencia.

Para la obtención de este indicador se generó un mapa de densidad de centros de salud utilizando el método antes descrito (Kernel). La localización de centros de atención médica se obtuvo del portal de INEGI (INEGI, 2014) (Figura 31 y Figura 32).

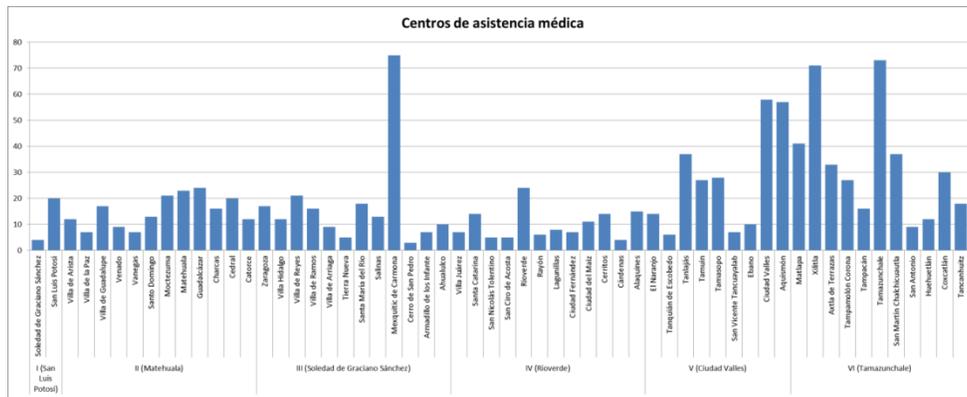


Figura 31. Centros de asistencia médica por municipio (elaboración propia).

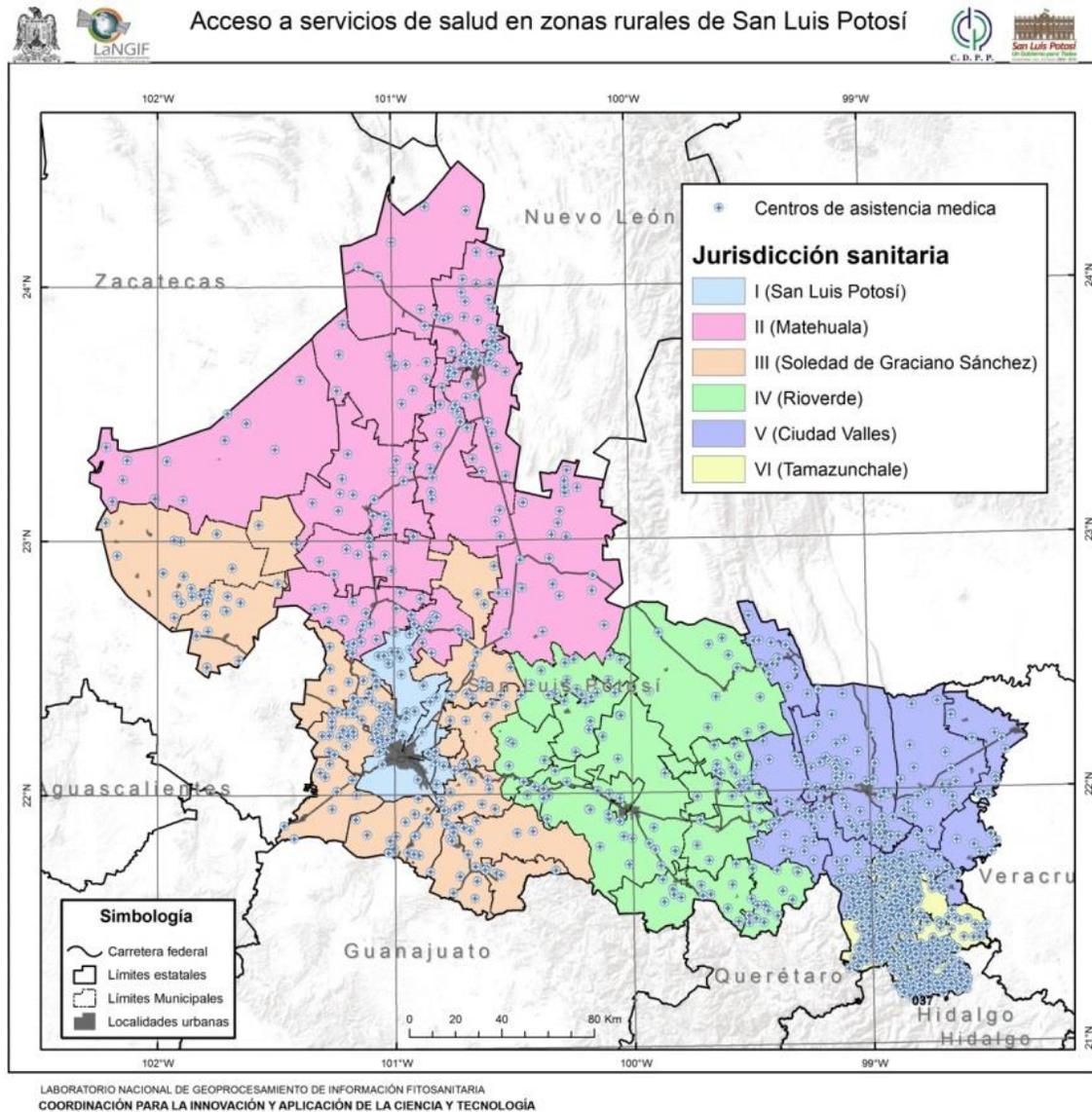


Figura 32. Centros de asistencia médica en zonas rurales de San Luis Potosí (elaboración propia).

MARGINACIÓN

La marginación es un problema estructural de la sociedad, en donde no están presentes ciertas oportunidades para el desarrollo, ni las capacidades para adquirirlas (De la Vega et al., 2010) (Figura 33).

El Consejo Nacional de Población (CONAPO) genera el índice de marginación con base en indicadores de educación, vivienda y disponibilidad de bienes (Tabla 13). Este índice busca establecer un parámetro analítico que permita entender cuándo un sector de la sociedad se encuentra en una situación marginación y en qué grado.

Tabla 13. Componentes del índice de marginación (De la Vega et al., 2010).

Dimensión	Indicador
Educación	Porcentaje de la población de 15 años o más analfabeta
	Porcentaje de la población de 15 años o más sin primaria completa
Vivienda	Porcentaje de viviendas particulares habitadas sin excusado
	Porcentaje de viviendas particulares habitadas sin energía eléctrica
	Porcentaje de viviendas particulares habitadas sin agua entubada
	Promedio de ocupantes por cuarto en viviendas particulares habitadas
	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con piso de tierra
Bienes	Porcentaje de viviendas particulares habitadas que no disponen de refrigerador

Se generó un mapa de distribución de la marginación con base en el índice de marginación por localidad. Para este fin se interpolaron los valores del índice de marginación con la herramienta IDW (Spatial Analyst) de ArcGis 9.3.

CLASIFICACIÓN

Para poder integrar los diferentes factores de riesgo en un solo mapa es necesario dividirlos diferentes valores de cada uno en la misma cantidad de clases. Para la realización del mapa de riesgos se clasificó cada factor del 1 al 20 según el grado de contribución al riesgo de contagio de rabia por murciélago vampiro, siendo 1 el valor mínimo y 20 el máximo. Esta escala se invirtió en el

caso de los factores de acceso a servicios de salud, densidad de ganado bovino y distancia al hábitat del murciélago vampiro, debido a que su relación con el riesgo es inversa.

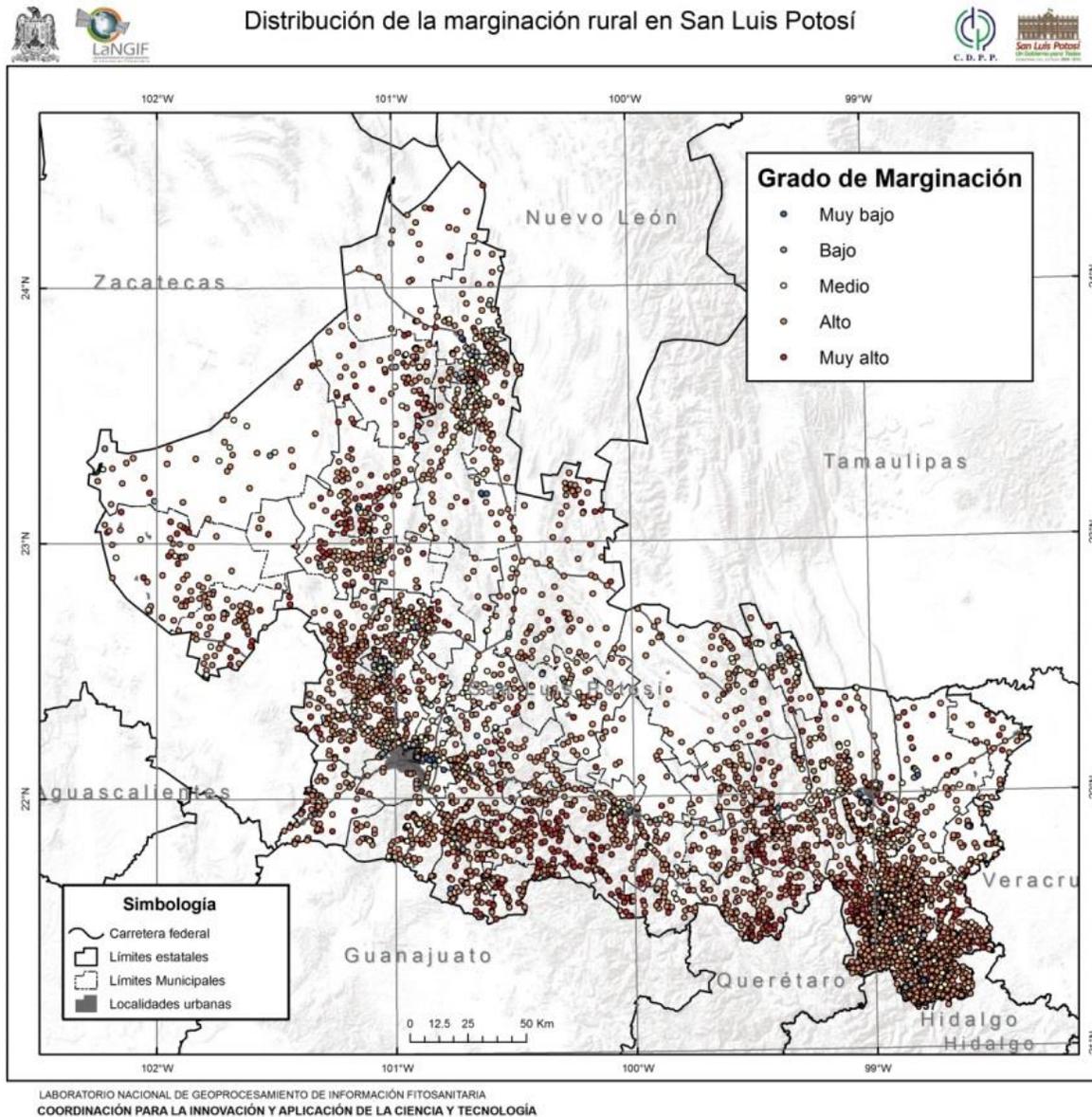


Figura 33. Grado de marginación por localidad en zonas rurales de San Luis potosí (elaboración propia).

PONDERACIÓN

De acuerdo con la conceptualización del riesgo (Figura 24) sus componentes son el peligro, la susceptibilidad y la resiliencia dentro de los cuales se encuentran los indicadores seleccionados para la realización del mapa de riesgo. Para asignar un valor de importancia a cada factor se realizó un análisis jerárquico a dos niveles (Saaty, 2008). Este análisis consiste en la comparación de pares de elementos y la asignación de un valor de importancia de uno con respecto al otro con base en la escala propuesta por Saaty (Tabla 14).

El proceso de análisis jerárquico se realizó primero con los factores peligro, la susceptibilidad y la resiliencia y otro análisis para los componentes de cada uno (Tabla 15-Tabla 17).

Tabla 14. Escala de comparación para el análisis jerárquico (Saaty, 2008).

Intensidad	Definición
1	igual importancia
3	Moderadamente más importante
5	Fuertemente más importante
7	Muy fuertemente más importante
9	Extremadamente más importante
2, 4, 6, 8	Valores intermedios
Recíprocos	usados para una comparación inversa

Tabla 15. Matriz de comparación de factores de riesgo (elaboración propia).

Riego			
	Peligro	Susceptibilidad	Resiliencia
Peligro	1	3	5
Susceptibilidad	0.33	1	3
Resiliencia	0.2	0.33	1

Tabla 16. Matriz de comparación de factores de peligro (elaboración propia).

Peligro				
	Distribución potencial	Cercanía al hábitat	Disponibilidad de Refugios	Presencia de Ganado
Distribución potencial	1	3	4	5
Cercanía al hábitat	0.33	1	2	3
Disponibilidad de Refugios	0.25	0.5	1	3
Presencia de Ganado	0.2	0.33	0.33	1

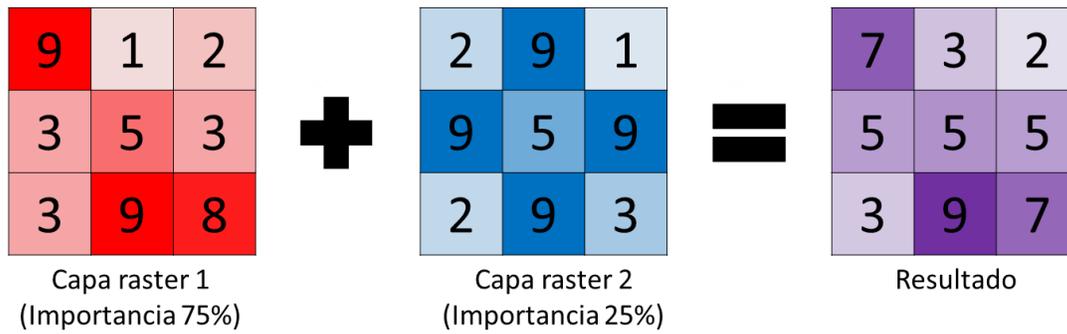
Tabla 17. Matriz de comparación de factores de susceptibilidad y resiliencia (elaboración propia).

Susceptibilidad			Resiliencia		
	Población infantil	Marginación		Accesos a servicios de salud	Marginación
Población infantil	1	0.5	Accesos a servicios de salud	1	0.5
Marginación	2	1	Marginación	2	1

MAPA DE RIESGO

Se creó un mapa de riesgo que integra los siete factores de riesgo en un solo valor (Aceves-Quesada, López-Blanco, y Martín, 2006). Para la obtención de dicho valor se realizó una superposición ponderada de cada una de las capas con la herramienta Weighted Overlay (Spatial Analyst) de ArcMap 9.3. Esta herramienta superpone varios archivos ráster con una escala de medición común donde cada capa raster tiene asignada una ponderación según su importancia. La herramienta Weighted Overlay multiplica el valor de cada pixel de cada capa raster por el valor de ponderación de dicha capa y posteriormente hace una sumatoria de los valores resultantes (Figura 34). El resultado es una capa que integra los valores de todas las capas utilizadas en el proceso en función de su importancia.

EL mapa de riesgos se representó en cinco categorías (Muy Bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy Alto). Los límites de las categorías fueron obtenidos mediante el método de Jenks.



$$(\text{Valor 1}) \times (\text{Importancia 1}) + (\text{Valor 2}) \times (\text{Importancia 2}) = \text{Valor final}$$

Figura 34.- Calculo de una capa raster mediante la superposición ponderada (elaboración propia).

RESULTADOS

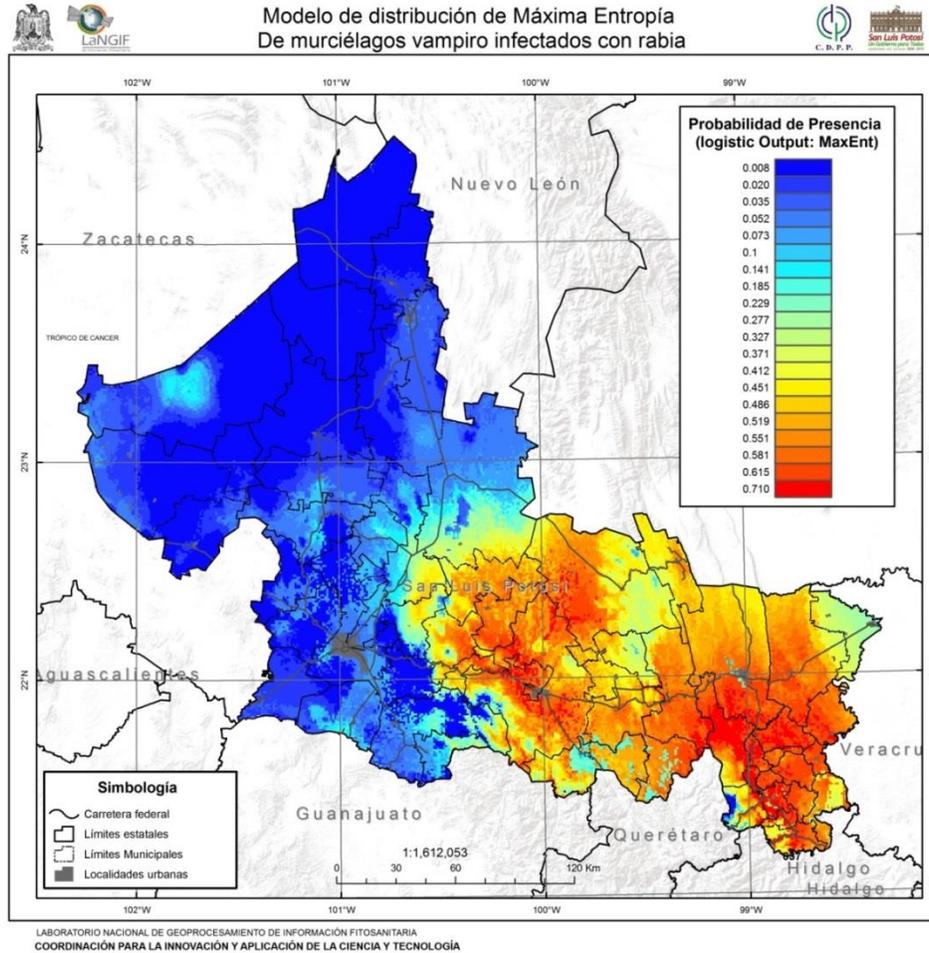
DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE VAMPIROS INFECTADOS

El modelo de distribución de murciélagos vampiro infectados muestra una mayor probabilidad de presencia en la región huasteca. En esta zona los municipios de Huehuetlán, Tanlajás, Tancanhuitz, Axtla de Terrazas y Coxcatlán presentan la mayor probabilidad (Figura 35).

Los Modelos de Distribución se pueden validar de acuerdo con su desempeño. Para esto se comparan su tasa de identificación correcta de presencias (sensibilidad) contra la tasa de falsas alarmas (1-especificidad). Con estos valores se grafica la curva ROC (Receiver Operating Characteristic) con la sensibilidad en el eje de las ordenadas y a especificidad en el eje de las abscisas. Al calcularse el área bajo la curva generada un resultado igual a 1 representa un valor diagnóstico perfecto pues el modelo es capaz de predecir como positivos todos los casos positivos o presencias y como negativo todas las ausencias o casos verdaderamente negativos. Si el valor es de 0.5 significa que el modelo no predijo los casos negativos y positivos mejor que una predicción aleatoria. Mientras más cercano a 1 sea el valor del área bajo la curva mejor será nuestro modelo. Modelos con áreas bajo la curva mayores a 0.75 son potencialmente útiles (Phillips y Dudík, 2008).

Para el presente caso el valor del área bajo la curva fue de 0.977 lo que indica un alto valor de predicción y valida el modelo (Figura 36).

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL RIESGO DE RABIA HUMANA TRANSMITIDA POR EL MURCIÉLAGO VAMPIRO (DESMODUS ROTUNDUS) EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ.



LABORATORIO NACIONAL DE GEOPROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN FITOSANITARIA
COORDINACIÓN PARA LA INNOVACIÓN Y APLICACIÓN DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Figura 35. Distribución potencial de murciélagos vampiro infectados con el virus de la rabia (elaboración propia).

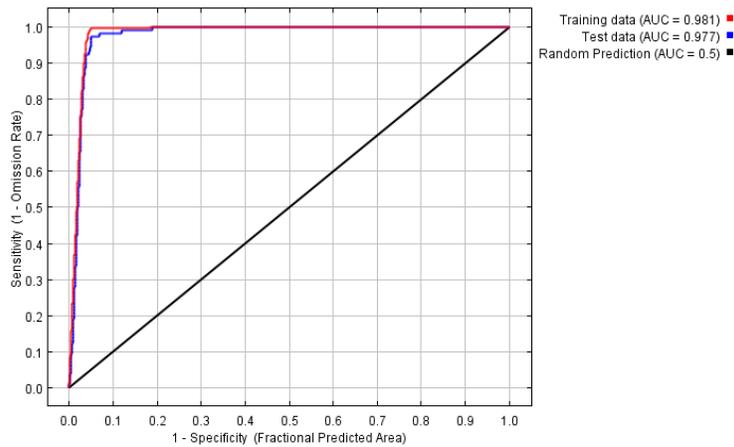


Figura 36. Curva ROC del modelo de distribución potencial.

PRESENCIA DE HÁBITAT NATURAL PARA MURCIÉLAGOS VAMPIRO

La presencia de la Sierra Madre Oriental ofrece una amplia cobertura de bosques y selvas a la vez que formaciones de roca caliza donde e las colonias de murciélagos vampiro pueden encontrar refugio (Figura 37). Los municipios con mayor presencia de hábitat adecuado para el vampiro son los que se encuentran en la colindancia de las zonas media y huasteca (Santa Catarina, Tamasopo, Xilitla, El Naranjo, Aquismón y Lagunillas).

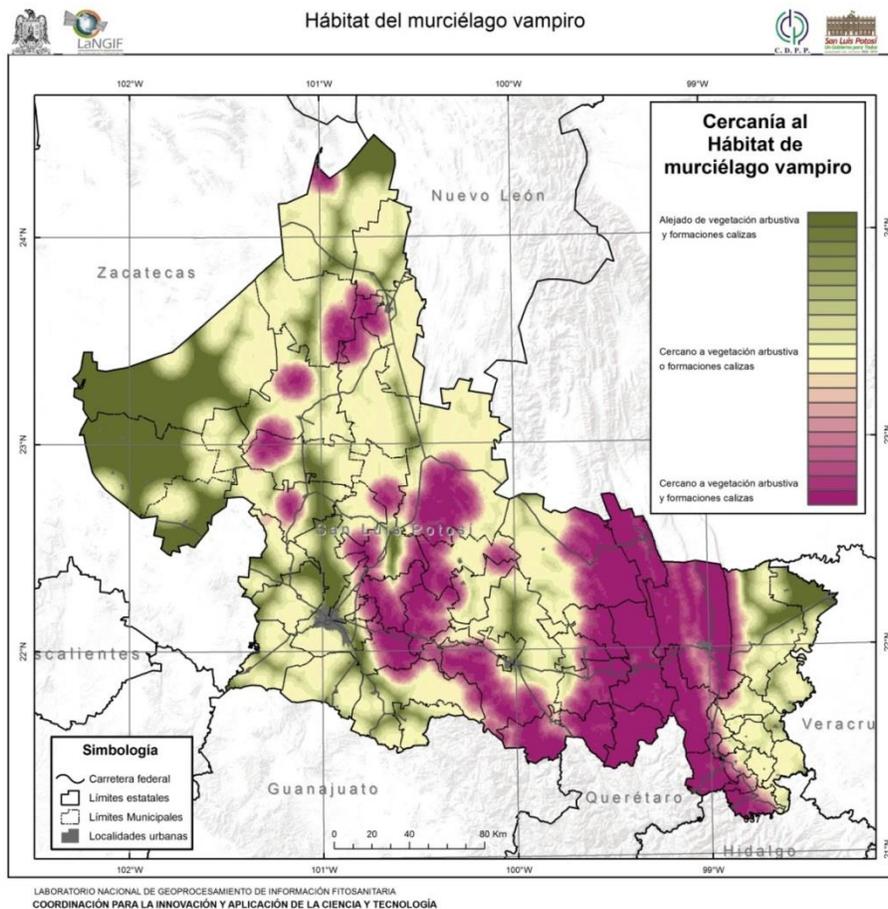


Figura 37. Cercanía a bosques, selvas y formaciones calizas (elaboración propia).

PRESENCIA DE REFUGIOS ARTIFICIALES PARA MURCIÉLAGOS VAMPIRO

La concentración de posibles refugios artificiales para los murciélagos vampiro como iglesias, pozos, minas y puentes es más elevada en los municipios de Matlapa, Coxcatlán, Axtla de Terrazas, Tamazunchale y Huehuetlán pertenecientes a la porción sur de la Huasteca (Figura 38).

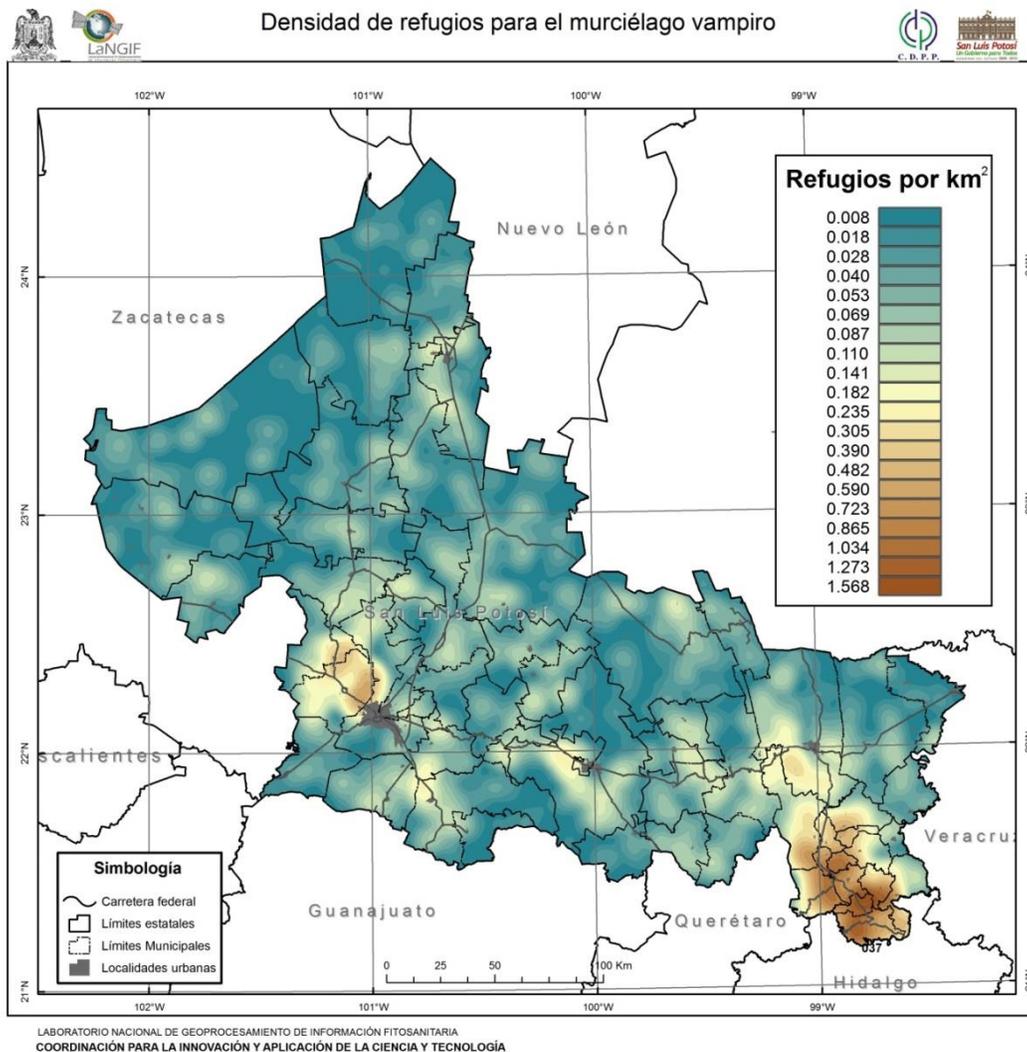


Figura 38. Disponibilidad de refugios artificiales para el murciélagos vampiro (elaboración propia).

DENSIDAD DE GANADO

Siendo el ganado bovino la principal fuente de alimento para el murciélago vampiro la presencia de grandes cantidades de cabezas de ganado representan un riesgo relativamente bajo para la población humana. En áreas donde el ganado bovino es escaso los murciélagos vampiro se ven obligados a diversificar sus fuentes de alimento atacando a otras especies entre ellas el humano.

Los municipios con menor densidad de ganado se encuentran en el altiplano y centro, mientras que el murciélago vampiro se distribuye principalmente en zona media y huasteca. En estas dos últimas los municipios con menor densidad de cabezas de ganado son San Ciro de Acosta, Ébano, San Nicolás Tolentino, Ciudad del Maíz y El Naranjo (Figura 39).

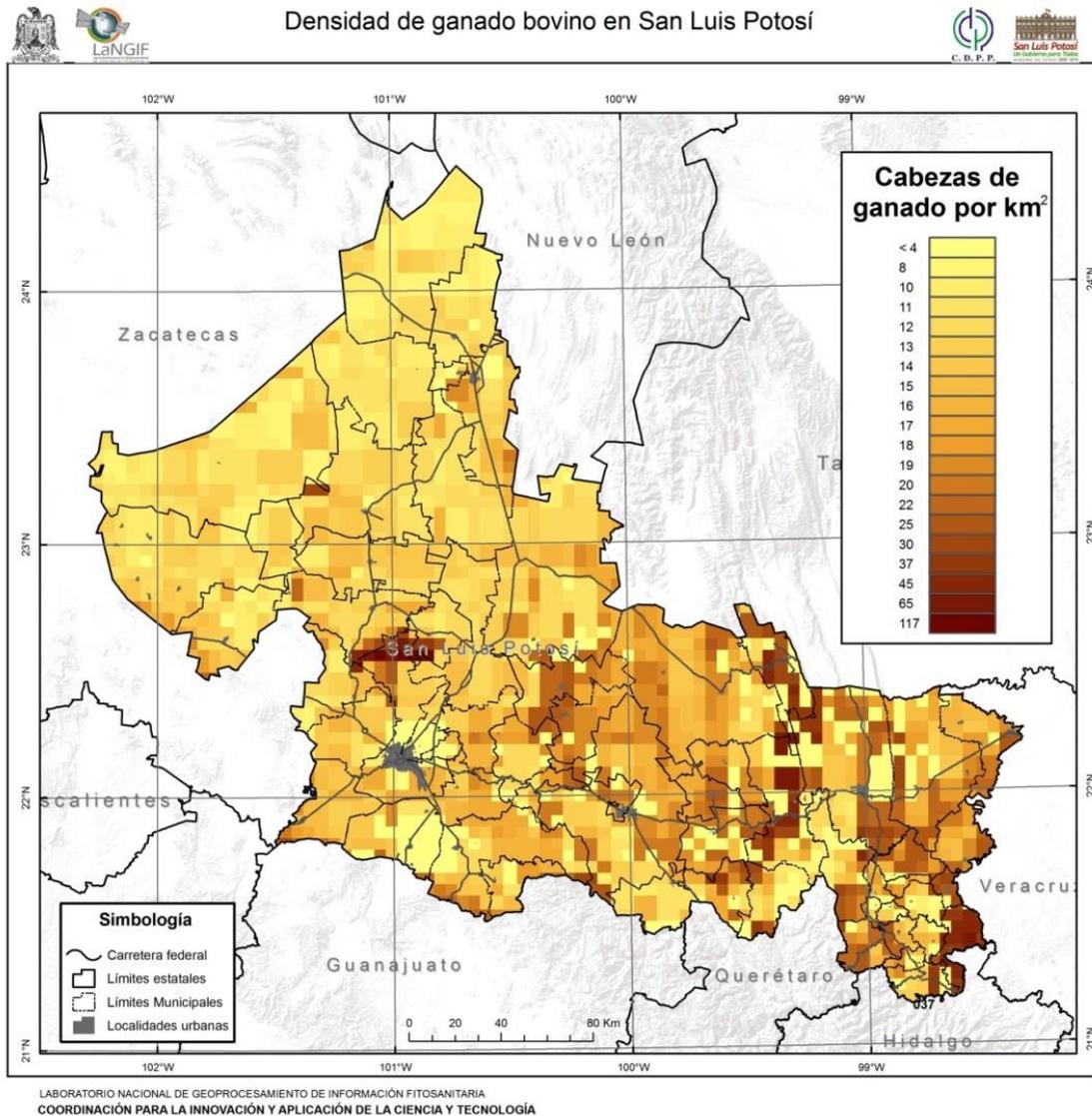


Figura 39. Densidad de ganado bovino (Wint y Robinson, 2007).

POBLACIÓN INFANTIL

El grupo de edad de menores de 15 años concentra el 70% de los casos de rabia en América Latina. La mayor cantidad habitantes en este rango se encuentra cerca de la capital del estado en el municipio de Mexquitic de Carmona y en la Huasteca sur en los municipios de Matlapa, Huehuetlán, Coxcatlán,

Tamazunchale, Axtla de Terrazas, Tancanhuitz y Xilitla. Otras áreas de menor concentración se encuentran en Cd. Valles, Cd. Fernández, Ríoverde y Santa Catarina (Figura 40).

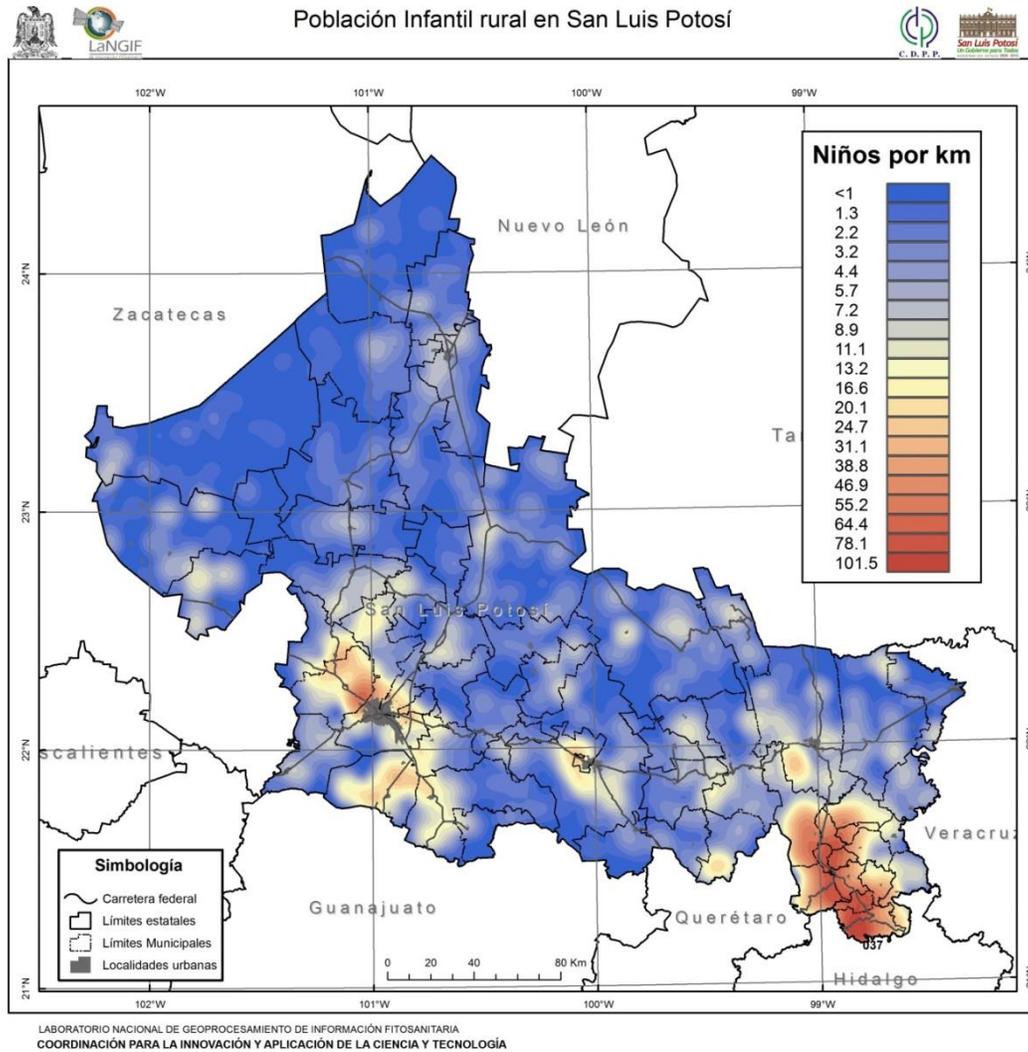


Figura 40. Población infantil (elaboración propia).

ACCESO A SERVICIOS DE SALUD

Las regiones con mayor concentración de habitantes son también en las que mayor cantidad de centros de atención médica hay (Figura 41). Existen 1142

centros de asistencia media de los cuales 611 están en la Huasteca, 222 en el Altiplano, 189 en Zona Centro y 120 en Zona Media. En el área de distribución del murciélago vampiro los municipios de Cd. Fernández, Cárdenas, Ébano, Rio verde y Cd, Valles son los que presentan una mayor relación habitantes-centro de asistencia con más de 4 mil personas por cada centro de asistencia en promedio.

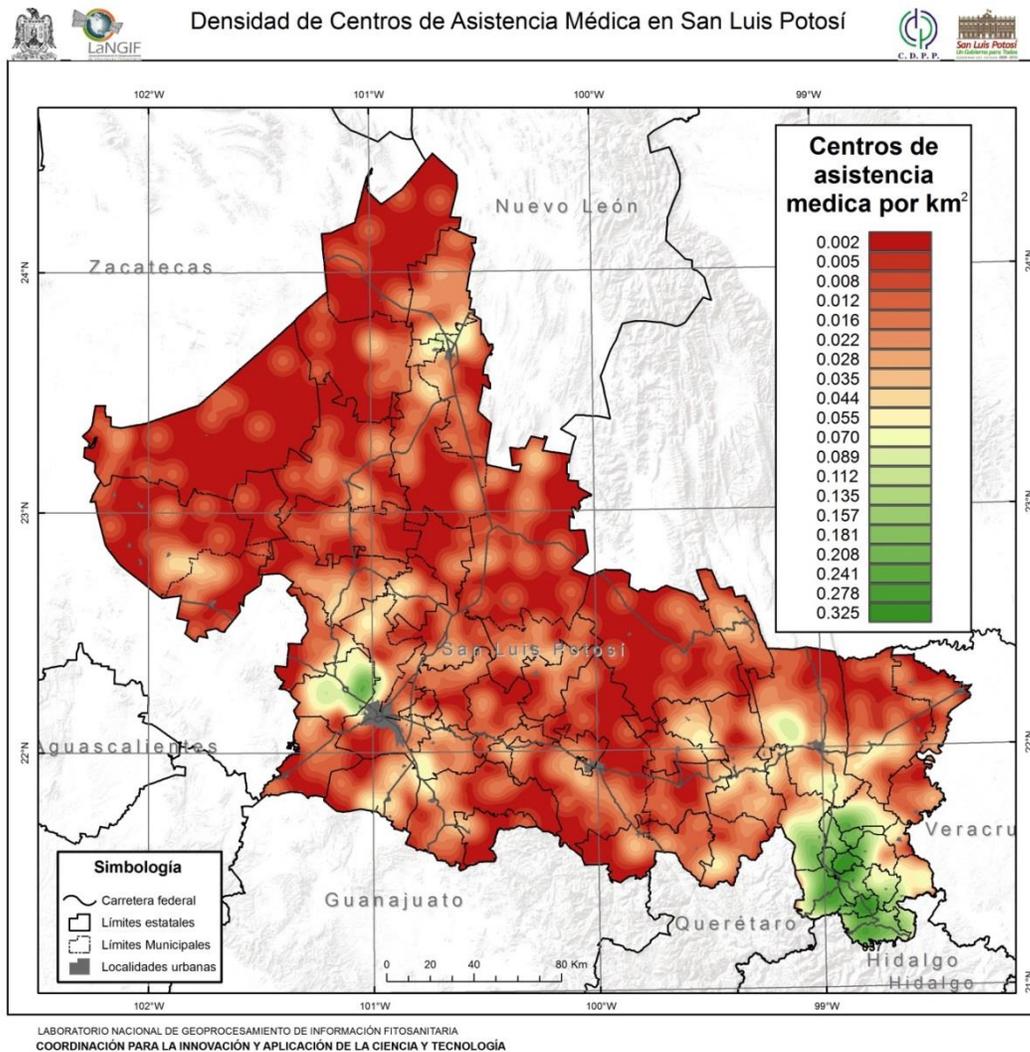


Figura 41. Acceso a servicios de salud (elaboración propia).

MARGINACIÓN

A nivel municipal la mayor parte de los municipios caen en la categoría media en marginación, sin embargo si se toma el grado de marginación por localidad encontramos que la gran mayoría está en un grado alto y muy alto (Tabla 18). Los municipios de Santa Catarina, Aquismón, Tierra Nueva, Tamasopo y Charcas tienen la mayor proporción de localidades con muy alto grado de marginación (Figura 42).

Tabla 18. Grados de marginación a nivel municipal y local (elaboración propia).

Grado de marginación	Nivel	
	Municipios	Localidades
Muy bajo	2	21
Bajo	5	77
Medio	31	285
Alto	16	2976
Muy alto	4	781

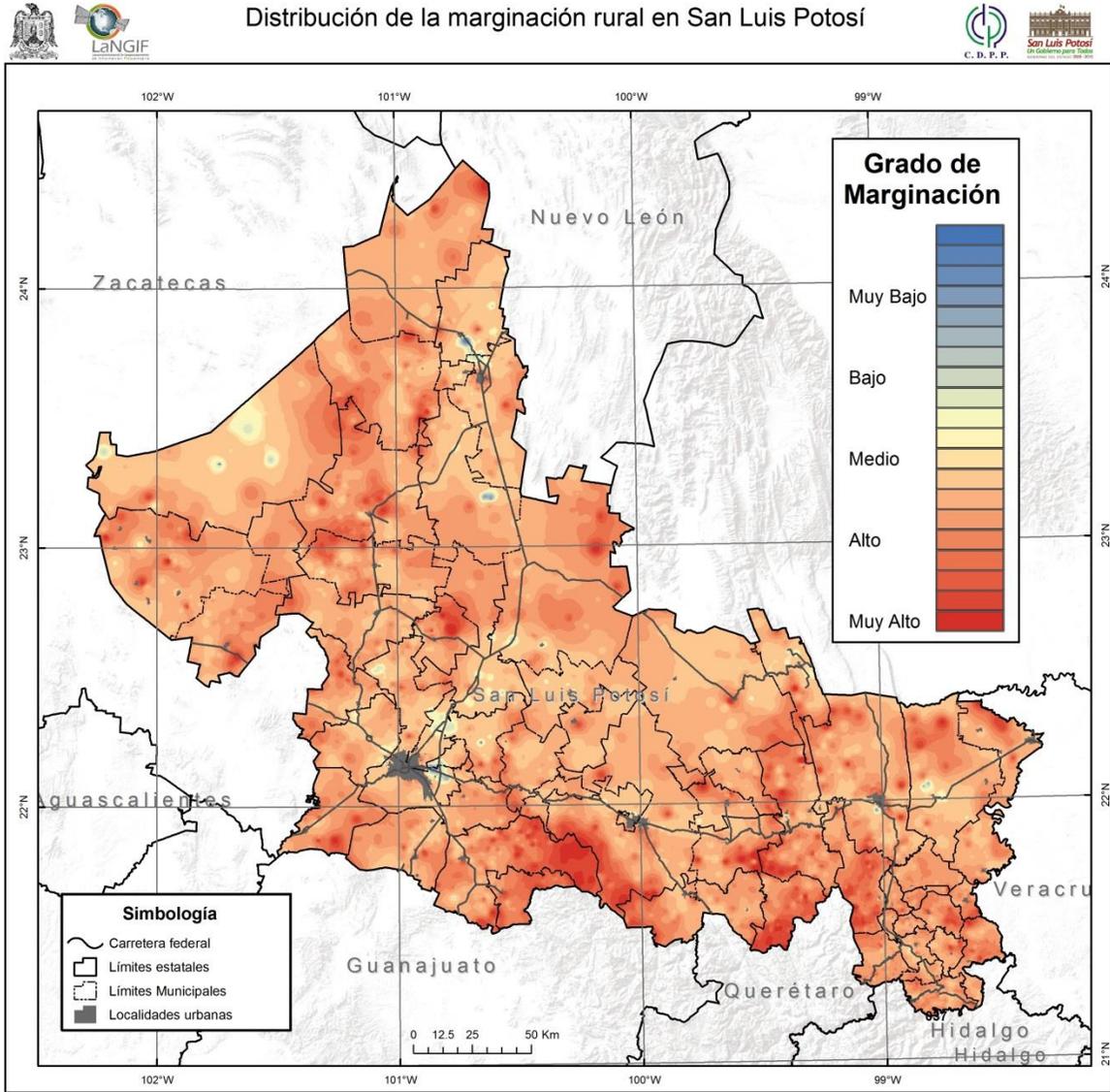


Figura 42. Marginación en San Luis Potosí (elaboración propia).

PONDERACIÓN

En el análisis jerárquico se le dio más importancia al peligro que a la susceptibilidad y esta a su vez es más importante que la resiliencia. Los componentes del peligro se ordenaron de mayor a menor importancia como: Distribución potencial de murciélagos vampiro infectados, presencia de hábitat natural, disponibilidad de refugios artificiales y densidad de ganado bovino. Y para la susceptibilidad y la resiliencia el grado de marginación fue el más importante (Figura 43).

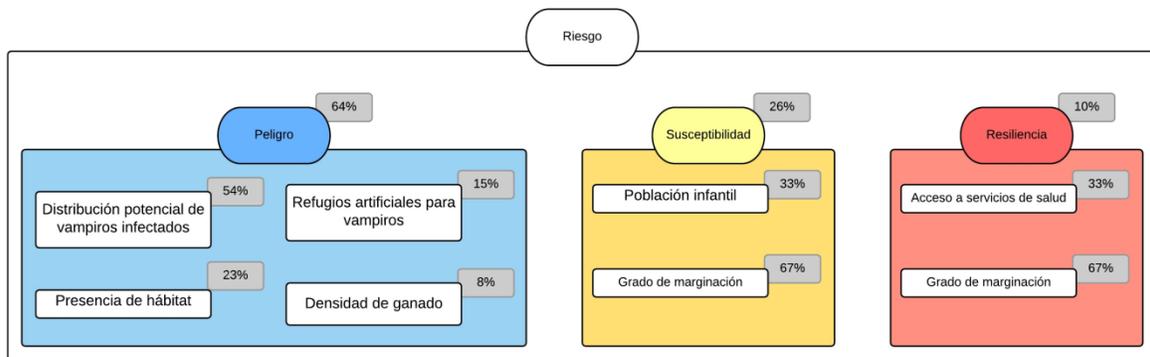


Figura 43. Importancia de los componentes y subcomponentes del riesgo de transmisión de rabia por murciélago vampiro (elaboración propia).

En el análisis jerárquico el Índice de Consistencia (IC) mide la consistencia de una matriz de comparación y el Índice Aleatorio (IA) representa el índice de una matriz de comparación con datos aleatorios. La proporción de consistencia (PC) es la relación del IC con respecto del IA. Para que una matriz de comparación sea consistente y se considera valida el valor de su PC no debe sobre pasar cierto límite establecido (Tabla 19).

Tabla 19. Límite de la Proporción de Consistencia.

Tamaño de matriz	Valor máximo de PC
3	5%
4	9%
>=5	10%

Para una matriz de 3x3, como es el caso de la matriz generada en la comparación de los componentes del riesgo (Peligro, Susceptibilidad y Resiliencia), el límite máximo de la PC es de 0.05. La PC obtenida fue de 0.033.

La matriz de comparación de los factores de peligro (Distribución potencial de murciélagos vampiro infectados, presencia de hábitat natural, disponibilidad de refugios artificiales y densidad de ganado bovino) es de tamaño 4x4. Para esta matriz la PC observada fue de 0.054 y su límite es de 0.09.

Las matrices de comparación de los factores de susceptibilidad y resiliencia son de 2x2. No hay un valor límite para la PC de estas estas matrices. Todas las matrices de comparación resultan ser consistentes y por lo tanto sus resultados son válidos.

RIESGO

De acuerdo con la ponderación de los componentes y subcomponentes del riesgo el valor de importancia de cada uno es el siguiente:

Tabla 20. Ponderación de los factores del riesgo (elaboración propia).

Factor	Importancia
Distribución potencial de vampiros infectados	34%
Presencia de hábitat natural	15%
Disponibilidad de refugios artificiales	10%
Densidad de ganado bovino	5%
Población infantil	9%
Acceso a servicios de salud	3%
Marginación	24%

El resultado es un mapa que sintetiza los siete factores que componen el riesgo a la infección de rabia transmitida por murciélago vampiro en un solo valor para cada pixel del archivo raster resultante (Figura 46). En el mapa de riesgo los pixeles toman valores desde 4 (Menor riesgo) hasta 18 (Riesgo máximo) con una media de 9.98 y una desviación estándar de 3.08 (Figura 44).

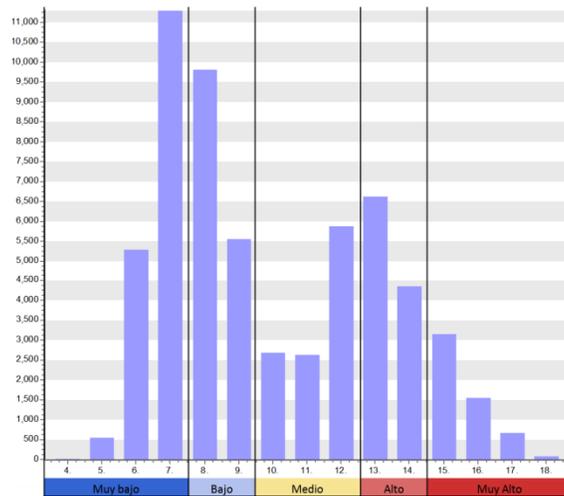


Figura 44. Histograma de valores del mapa de riesgo y categorías (elaboración propia).

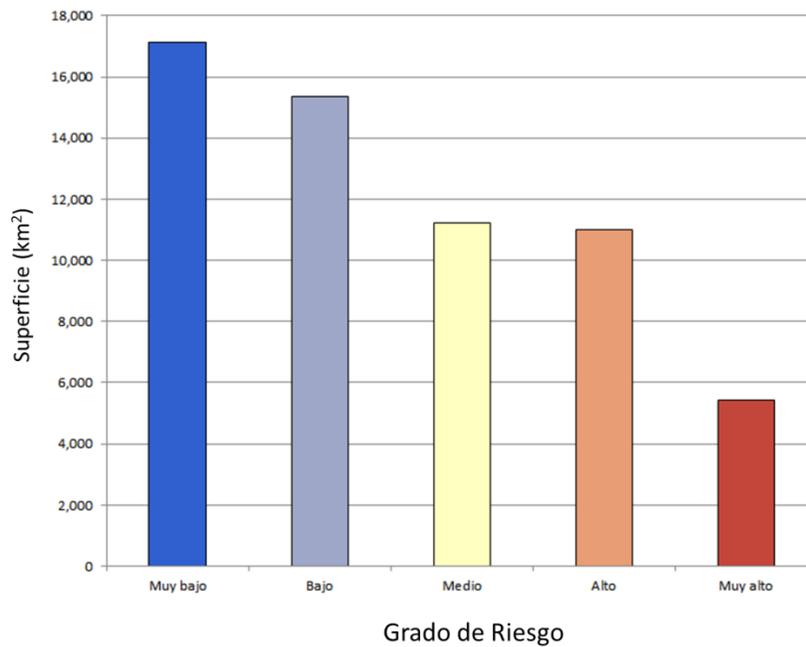


Figura 45. Superficie ocupada por cada categoría de riesgo (elaboración propia).

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL RIESGO DE RABIA HUMANA TRANSMITIDA POR EL MURCIÉLAGO VAMPIRO (DESMODUS ROTUNDUS) EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ.

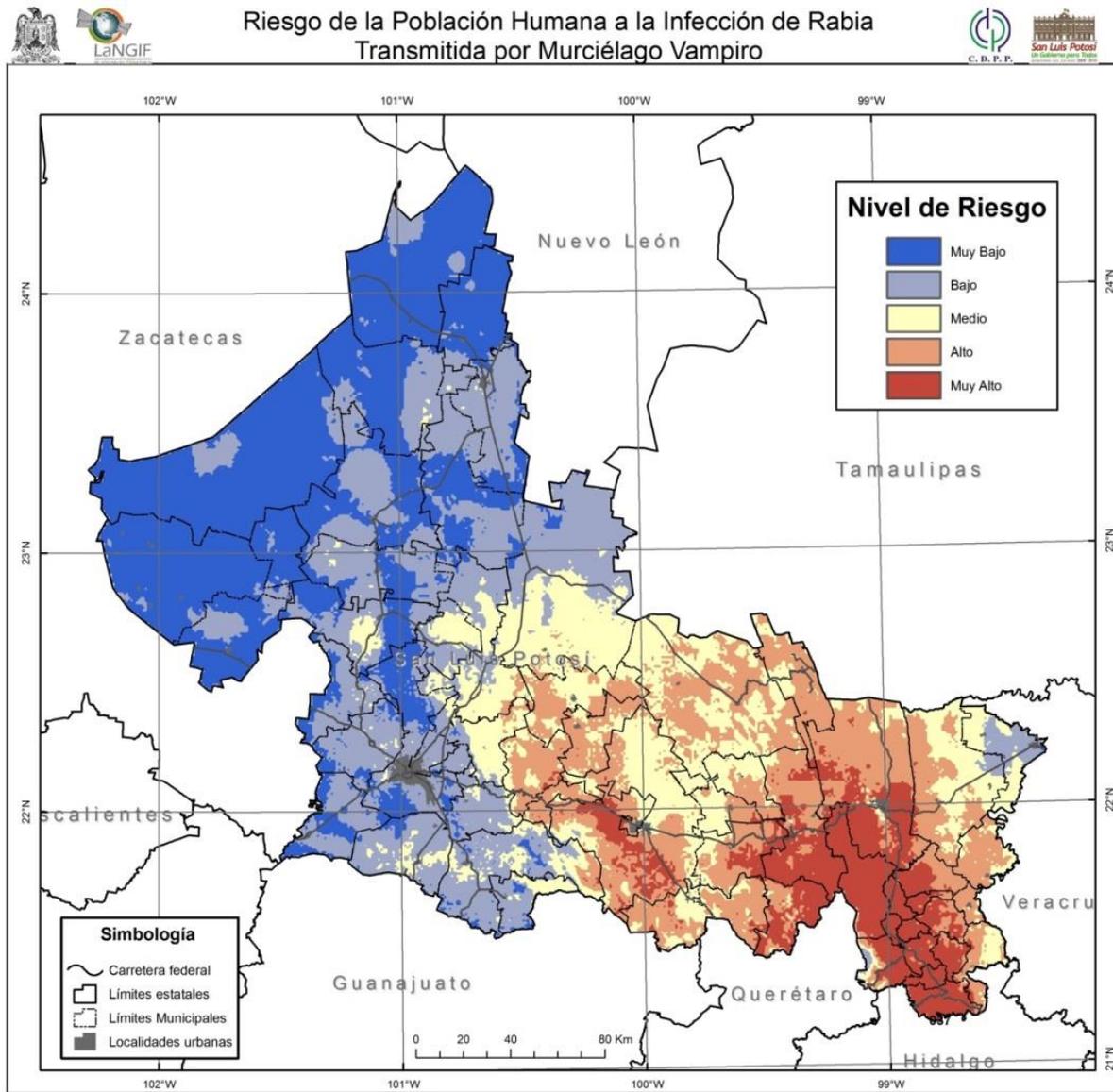


Figura 46. Mapa de riesgo de infección de rabia transmitida por murciélago vampiro (elaboración propia).

La región de mayor riesgo abarca alrededor de 5,446 km², un 9% de la superficie del estado (Figura 45). En ella se localizan 1,994 localidades rurales con una población de 345,610 habitantes. Debido a que INEGI no ofrece información detallada de las comunidades con menos de tres viviendas la población infantil en el área de más alto riesgo es inexacta.

Tamazunchale, Xilitla, Axtla de Terrazas, Ciudad Valles y Matlapa son los municipios con mayor cantidad de personas viviendo en el área de muy alto riesgo a la vez están por encima del promedio de agresiones por murciélagos reportadas desde 2000 (Tabla 21). Existe una correlación moderada ($r = 0.67$) entre la población en muy alto riesgo y los reportes de agresión por murciélagos a nivel municipal (Tabla 22).

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL RIESGO DE RABIA HUMANA TRANSMITIDA POR EL MURCIÉLAGO
VAMPIRO (DESMODUS ROTUNDUS) EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ.

Tabla 21. Población en riesgo por municipio (elaboración propia).

Municipio	Grado de riesgo					Ataques
	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	
Ahualulco	1,168	11,679	1,268	0	0	0
Alaquines	0	0	3,182	4,870	134	2
Aquismón	0	0	0	572	43,458	17
Armadillo de los Infante	171	736	2,673	856	0	0
Axtla de Terrazas	0	0	11	14	25,506	9
Cárdenas	0	0	937	2,170	361	0
Catorce	4,111	5,544	61	0	0	0
Cedral	5,256	1,736	0	0	0	0
Cerritos	0	0	2,282	4,308	0	0
Cerro de San Pedro	1,750	2,271	0	0	0	0
Charcas	4,823	3,567	0	0	0	0
Ciudad del Maíz	0	0	7,516	10,740	0	0
Ciudad Fernández	0	127	139	8,926	2,330	1
Ciudad Valles	0	332	574	16,855	25,298	17
Coxcatlán	0	0	0	56	14,354	4
Ébano	18	1,629	5,340	0	0	2
El Naranjo	0	0	2,168	7,756	9	1
Guadalcázar	0	13,839	11,866	109	0	0
Huehuetlán	0	0	0	0	15,311	7
Lagunillas	0	0	3,298	2,383	78	1
Matehuala	2,555	11,375	255	0	0	0
Matlapa	0	0	0	0	22,893	5
Mexquitic de Carmona	4,408	44,021	2,372	0	0	3
Moctezuma	4,242	6,996	3,297	0	0	2
Rayón	0	0	1,036	5,973	2,770	1
Rioverde	0	94	7,212	17,650	13,840	11
Salinas	8,236	5,133	0	0	0	0
San Antonio	0	0	0	907	8,483	1
San Ciro de Acosta	0	0	1,144	1,504	493	0
San Luis Potosí	16,251	18,685	761	0	0	7
San Martín Chalchicuautila	0	0	4,193	10,697	1,983	15
San Nicolás Tolentino	0	0	994	4,459	13	1
San Vicente Tancuayalab	0	0	3,493	4,996	0	6
Santa Catarina	0	0	1,062	1,732	9,041	0

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL RIESGO DE RABIA HUMANA TRANSMITIDA POR EL MURCIÉLAGO
VAMPIRO (DESMODUS ROTUNDUS) EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ.

Tabla 4. Población en riesgo por municipio (Continuación).

Municipio	Grado de riesgo					Ataques
	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	
Santa María del Río	883	22,132	3,583	606	23	4
Santo Domingo	10,655	1,231	0	0	0	0
Soledad de Graciano Sánchez	30	9,585	402	0	0	0
Tamasopo	0	0	14	6,944	10,261	6
Tamazunchale	0	0	4	1,475	60,075	10
Tampacán	0	0	389	2,075	13,374	1
Tampamolón Corona	0	0	0	4,374	6,821	2
Tamuín	0	428	7,190	10,622	77	5
Tancanhuitz	0	0	0	1,047	17,059	8
Tanlajás	0	0	0	5,188	14,124	3
Tanquián de Escobedo	0	0	32	4,217	0	1
Tierra Nueva	61	2,754	911	0	0	0
Vanegas	4,401	773	0	0	0	0
Venado	3,216	5,332	201	0	0	1
Villa de Arista	122	5,974	1,857	0	0	0
Villa de Arriaga	5,677	4,447	0	0	0	0
Villa de Guadalupe	3,772	6,007	0	0	0	0
Villa de la Paz	0	1,605	11	0	0	0
Villa de Ramos	14,400	344	0	0	0	0
Villa de Reyes	680	20,133	9,760	0	0	1
Villa Hidalgo	0	4,337	6,749	990	0	0
Villa Juárez	0	0	1,890	4,810	0	0
Xilitla	0	91	1,469	5,705	37,441	5
Zaragoza	695	12,774	1,212	0	0	0

Tabla 22. Matriz de correlación de personas agredidas por murciélagos y la población en los diferentes grados de riesgo (elaboración propia).

	<i>Muy bajo</i>	<i>Bajo</i>	<i>Medio</i>	<i>Alto</i>	<i>Muy alto</i>	<i>Ataques</i>
Muy bajo	1.00					
Bajo	0.28	1.00				
Medio	-0.23	0.24	1.00			
Alto	-0.32	-0.32	0.28	1.00		
Muy alto	-0.24	-0.25	-0.23	0.13	1.00	
Ataques	-0.15	-0.12	0.00	0.47	0.67	1.00

CONCLUSIONES

La rabia transmitida por murciélago vampiro es un problema que involucra la salud humana, la sanidad animal y en la que el transmisor es una especie silvestre nativa. Sin embargo no hay una articulación entre los sectores salud, sanidad animal y medio ambiente para atacar este problema.

El murciélago vampiro (*Desmodus rotundus*) es una especie cargada de connotaciones negativas a tal grado que incluso organizaciones o personas encargadas de la protección de las especies de murciélagos hacen poco hincapié en la importancia de esta especie.

La vigilancia epidemiológica de la rabia transmitida por murciélago vampiro en México es pasiva. Los registros de ataques de murciélagos a personas dependen del reporte en centros de asistencia médica.

El modelo de distribución de máxima entropía resulto valido al cumplir con un valor mayor a 0.75 de área bajo la curva ROC. Las áreas de mayor probabilidad de presencia de murciélagos infectados se localizan en la región huasteca sur y en las cercanías de la ciudad de Rioverde.

Las áreas con donde están presentes tanto formaciones de roca caliza como vegetación de bosque y selva son los lugares más apropiados para el establecimiento de colonias de murciélagos vampiro. En el estado estas áreas se encuentran principalmente en la Sierra Madre Oriental y la Sierra de Álvarez.

La mayor concentración de posibles refugios para murciélagos vampiros se encuentra en la Huasteca sur. Otros puntos de concentración son al suroeste de Ciudad Valles y al noroeste de la capital. Este último queda fuera de la distribución potencial del murciélago vampiro.

Se ha reportado una mayor tasa de ataques de murciélagos a personas en áreas con nula o baja presencia de ganado bovino en las inmediaciones. En el estado de San Luis Potosí estas zonas se encuentran en San Martín Chalchicuautla, en la colindancia con Veracruz e Hidalgo, y en los municipios de El Naranjo y Tamasopo.

La población infantil (<15 años) concentra el 70% de los casos de rabia transmitida por murciélagos vampiros en América Latina desde el año 2000. Este sector de la población en el ámbito rural encuentra su máxima concentración en Tamazunchale y en menor medida el resto de municipios de la huasteca sur. Otros centros de concentración de menores de 15 años se localiza en Mexquitic de Carmona, Santa María del río, Ciudad Valles, Rioverde, Ciudad Fernández y Villa de Reyes.

Los centros de asistencia médica son más abundantes en la misma área que la población, la Huasteca sur. Coxcatlán y Matlapa son los municipios con mayor concentración de centros de asistencia médica.

Dentro del área de distribución del murciélago vampiro los municipios de Tamazunchale, Xilitla, Aquismón y Rioverde presentan la mayor cantidad de personas en alto y muy alto grado de marginación.

La mayor parte de los factores de riesgo de rabia transmitida por murciélago vampiro alcanzan sus valores más altos en la región Huasteca, concretamente en la porción sur. La excepción es el acceso a los servicios de salud ya que los centros de asistencia médica más abundantes donde la población humana también lo es. Sin embargo el grado de contribución de este factor a al riesgo de rabia es el más bajo (3%). A pesar de esto no hay casos reportados de rabia transmitida por murciélago vampiro en el estado, al menos desde 1990.

RECOMENDACIONES

La aplicación de un sistema de búsqueda activa de personas atacadas por murciélagos en las áreas de mayor riesgo puede dar una aproximación a la dimensión real del problema.

La vigilancia activa debe aplicarse también a murciélagos vampiros con el fin de conocer el comportamiento de la rabia en estas poblaciones y actuar oportunamente.

Las técnicas actuales de diagnóstico en animales son destructivas. Se recomienda buscar alternativas de diagnóstico o discriminación de individuos infectados que no impliquen el sacrificio de individuos.

Las técnica de termografía infrarroja ha demostrado ser efectiva en la detección de enfermedades víricas en diferentes especies de mamíferos (Dunbar, Johnson, Jack, y Mccollum, 2009; Dunbar y Maccarthy, 2006; Schaefer et al., 2004, 2012). Esta técnica no es invasiva y, aunque su poder diagnostico no sea comparable con las técnicas de laboratorio, puede ser de gran ayuda en la vigilancia activa de la rabia en murciélagos.

La espectroscopia Raman es otra técnica poco invasiva. Solo necesita de muestras de saliva o sangre para detectar patógenos, incluidos virus (Driskell et al., 2010; Fan et al., 2010; Song, Driskell, Tripp, Cui, y Zhao, 2012). Países europeos realizan vigilancia epidemiológica activa del Lyssavirus en muestras de

saliva y sangre de murciélagos. El diagnóstico se realiza en laboratorio, mientras que la espectroscopia Raman tiene el potencial de ofrecer resultados *in situ*.

REFERENCIAS

- Aceves-Quesada, F., López-Blanco, J., y Martín, A. L. (2006). Determinación de peligros volcánicos aplicando técnicas de evaluación multicriterio y SIG en el área del Nevado de Toluca, centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 23(2), 113–124.
- Acha, P. N. (1968). Epidemiología de la rabia bovina paralítica transmitida por los quirópteros. *Boletín de La Oficina Sanitaria Panamericana*, 411–430.
- Aguilar, Á., Brochier, B., Tordo, N., De Paz, O., Desmettre, P., Péharpré, D., y Pastoret, P.-P. (1998). Experimental rabies infection and oral vaccination in vampire bats (*Desmodus rotundus*). *Vaccine*, 16(11), 1122–1126.
- Aristóteles. (1990). *Historia de los animales*. (J. Vara Donado, Ed.). Madrid, España: Ediciones AKAL.
- Arita, H. T. (1993). Conservation biology of the cave bats of México. *Journal of Mammalogy*, 74(3), 693–702.
- Benito de Pando, B., y Peñas de Giles, J. (2007). Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la península Ibérica. *Geo Focus*, 7, 100–119.
- BIOSUSTENTA. (2014). Bioguano.
- Blanton, J. D., Palmer, D., Dyer, J., y Rupprecht, C. E. (2011). Public Health Rabies surveillance in the United States during 2010. *JAVMA*, 239(6), 773–783.
- Braga, G. B., Hildebrand, J. H., Meireles, B., de Sena, E. F., y Dias, R. A. (2014). Predictive qualitative risk model of bovine rabies occurrence in Brazil. *Preventive Veterinary Medicine*, 113(4), 536–46. doi:10.1016/j.prevetmed.2013.12.011
- Brito-hoyos, D. M., Brito, E., y Villalobos, R. (2013). Distribución geográfica del riesgo de rabia de origen silvestre y evaluación de los factores asociados con su incidencia. *Rev Panam Salud Pública*, 33(1), 8–14.
- Carini, A. (1911). Sur une grande epizootie de rage. *Annales de l'Institut Pasteur*, 25, 843–846.
- Carrada-Bravo, T. (2004). Rabia : Visión nueva de un mal milenar. *Rev Mex Patol Clin*, 51(3), 153–166.
- Carter, G. G., y Wilkinson, G. S. (2013). Food sharing in vampire bats : reciprocal help predicts donations more than relatedness or harassment. *Proc R Soc B*, 280, 2–6.

- Cartín, M., Morice, A., y Badilla, X. (2003). *Vigilancia de la Salud e Investigación Epidemiológica de Campo: módulo V* (1a ed., p. 124). San Jose, C. R.
- Castilla, C., y Viñas, M. (2012). Percepción sobre murciélagos urbanos y su manejo en San Fernando del Valle de Catamarca, Argentina. En *Memorias del X Congreso Internacional de Fauna Silvestre de América Latina* (pp. 1–5). Salta, Argentina.
- CDI. (2010). Catalogo de localidades indígenas 2010.
- Ceballos, G. (2002). Actualización de la base de datos del Atlas Mastozoológico de México. *Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología. Bases de Datos SNIB2010-CONABIO Proyectos No. T009 Y A003. México, D.F.*
- Ceballos, G., Blanco, S., González, C., y Martínez, E. (2006). Desmodus rotundus (Murciélago vampiro). Distribución potencial. *Modelado de La Distribución de Las Especies de Mamíferos de México Para Un Análisis GAP*.
- Ceballos, G., y Gisselle, O. (2005). *Los mamíferos silvestres de México* (1st ed., p. 986). México: FCE, CONABIO.
- Cediel, N., Villamil, L. C., Romero, J., Renteria, L., y De Meneghi, D. (2013). Setting priorities for surveillance, prevention, and control of zoonoses in Bogotá, Colombia. *Rev Panam Salud Publica*, 33(5), 316–24. Obtenido de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23764662>
- CEFPPSLP. (2014). Campaña estatal contra la rabia parálitica bovina.
- CENAPRECE. (2010). *Guía para la atención médica y antirrábica de la persona expuesta al virus de la rabia*.
- Charro, A. (1999). MURCIELAGOS: PRINCIPES DE LAS TINIEBLAS. *Folklore*, 220, 111–118.
- Christen, A. G. (2003). De vampiros a vampiros. *Foresta Veracruzana*, 5(1), 53–58.
- Códice Magliabechiano.
- COEPRIS. (2014). No Title.
- CONABIO. (2000). Estrategia nacional sobre biodiversidad de México. *Comisión Nacional Para El Conocimiento Y Uso de La Biodiversidad, México*.
- CONABIO. (2006). Capital natural y bienestar social. *Comisión Nacional Para El Conocimiento Y Uso de La Biodiversidad, México*.
- CONAGUA. (2015). Descripción de El Niño.
- Correa, P. (1981). LA RABIA , MANIFESTACIONES CLÍNICAS ,. *Ciencia Veterinaria*, 3, 104–146.

- Cortés, B. (2013). Campaña nacional para la prevención y control de la rabia en bovinos y. *REDIPRA 14*.
- Da Rosa, E. S. T., Kotait, I., Barbosa, T. F. S., Carrieri, M. L., Brandão, P. E., Pinheiro, A. S., ... Vasconcelos, P. F. C. (2006). Bat-transmitted human rabies outbreaks, Brazilian Amazon. *Emerging Infectious Diseases, 12*(8), 1197–202. doi:10.3201/eid1208.050929
- De la Vega, S., Téllez, Y., y López, J. (2010). Índice de marginación por localidad 2010. *Colección: Índices Sociodemográficos*.
- Delgadillo, J., Aguilar, T., y Rodríguez, D. (2000). Los aspectos económicos y sociales de El Niño. En V. Magaña (Ed.), *Impactos económicos de El Niño en México* (pp. 181–212). Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Gobernación. México.
- Delpietro, H. A., y Russo, R. G. (1996). Aspectos ecológicos y epidemiológicos de la agresión del vampiro y de la rabia paralítica en la Argentina y análisis de las propuestas efectuadas para su control. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 15(3), 971–984.
- DGE. (2012). *Manual de procedimientos estandarizados para la vigilancia epidemiológica de la rabia en humano* (p. 54).
- Díaz, D. (2008). Altar de los animales de la muerte. *Arqueología Mexicana, 16*(94).
- Driskell, J. D., Zhu, Y., Kirkwood, C. D., Zhao, Y., Dluhy, R. A., y Tripp, R. A. (2010). Rapid and Sensitive Detection of Rotavirus Molecular Signatures Using Surface Enhanced Raman Spectroscopy, 5(4). doi:10.1371/journal.pone.0010222
- Dunbar, M. R., Johnson, S. R., Jack, C., y Mccollum, M. (2009). Use of Infrared Thermography to Detect Thermographic Changes in Mule Deer (*Odocoileus hemionus*) Experimentally Infected with Foot-and-Mouth Disease. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine, 40*(2), 296–301.
- Dunbar, M. R., y Maccarthy, K. A. (2006). Use of infrared thermography to detect signs of rabies infection in raccoons (*procyon lotor*), 37(4), 518–523.
- Echeverría, J., y López, M. (2010). La decapitación como símbolo de castración entre los Mexicas —y otros grupos mesoamericanos— y sus connotaciones genéricas. *Estudios de Cultura Náhuatl, 41*, 137–165.
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., y Dudi, M. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions, 17*, 43–57. doi:10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x
- Espinosa, D., Ocegueda, S., Aguilar, C., Flores, Ó., y Llorente-Bousquets, J. (2008). El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. En CONABIO (Ed.), *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad* (pp. 33–65). México.

- Fan, C., Hu, Z., Riley, L. K., Purdy, G. A., Mustapha, A., y Lin, M. (2010). Detecting Food- and Waterborne Viruses by Surface-Enhanced Raman Spectroscopy. *Journal of Food Science*, 75(5), 302–307. doi:10.1111/j.1750-3841.2010.01619.x
- Fernández De Oviedo, G. (1950). *Sumario de la natural historia de las indias*. (J. Miranda, Ed.) (p. 279). Fondo de Cultura Económica. México - Buenos Aires.
- Flores, R. (1978). La rabia, los murciélagos y el control de los hematófagos. *Ciencia Veterinaria*, 2, 38–70.
- Flores, R. (2003). *Técnicas, substancias y estrategias para el control de murciélagos vampiros*. (Organización Panamericana de la Salud, Ed.) (p. 12). México D. F.
- Flores-Crespo, R. (1998). *La rabia en las diferentes especies, sus transmisores y su control*. (INIFAP y SAGAR, Eds.) (1st ed., p. 127). México D. F.
- Food and Agriculture Organisation of the United Nations. (2011). *Investigating the role of bats in emerging zoonoses: Balancing ecology, conservation and public health interests*. (S. H. Newman, H. Field, J. Epstein, y C. De Jong, Eds.). Roma.
- Freitas, M. B., Welker, A. F., Millan, S. F., y Pinheiro, E. C. (2003). Metabolic responses induced by fasting in the common vampire bat *Desmodus rotundus*. *J Comp Physiol B*, 173, 703–707. doi:10.1007/s00360-003-0383-3
- Galindo, M. G. (2011). Fundamentos de un sistema de vigilancia epidemiológica fitosanitaria. In *La vigilancia epidemiológica en México: un acercamiento metodológico*.
- Galindo-González, J. (1998). Dispersión de semillas por murciélagos: su importancia en la conservación y regeneración del bosque tropical. *Acta Zool. Mex.*, 73, 57–74.
- Gándara, G., Correa, A. N., y Hernández, C. A. (2006). Valoración económica de los servicios ecológicos que prestan los murciélagos *Tadarida brasiliensis* como controladores de plagas en el norte de México. *Cátedra de Integración Económica Y Desarrollo Social*, 5, 1–18.
- García-Morales, R., y Gordillo-Chávez, E. J. (2011). Murciélagos del estado de San Luis Potosí, México: revisión de su conocimiento actual. *Therya*, 2(2), 183–192. doi:10.12933/therya-11-39
- Gibbons, R. V. (2002). Cryptogenic Rabies, Bats, and the Question of Aerosol Transmission. *Annals of Emergency Medicine*, 39(5), 528–536. doi:10.1067/mem.2002.121521
- Giordano, L. (1666). El arcángel san Miguel y los ángeles caídos.
- Greenhall, A. M., Joermann, G., Schmidt, U., y Seidel, M. R. (1983). *Desmodus rotundus*. *Mammalian Species*, 202, 1–6.

- Gröger, U., y Wiegrebe, L. (2006). Classification of human breathing sounds by the common vampire bat, *Desmodus rotundus*. *BMC Biology*, 4(18), 1–8. doi:10.1186/1741-7007-4-18
- Harris, S. L., Brookes, S. M., Jones, G., Hutson, A. M., Racey, P. A., Aegerter, J., ... Fooks, A. R. (2006). European bat lyssaviruses : Distribution , prevalence and implications for conservation. *Biological Conservation*, 131, 193–210. doi:10.1016/j.biocon.2006.04.006
- Hernández, E. M. (1976). La rabia pareasiente bovina: definición del problema y metodología de control. *Ciencia Veterinaria*, 1, 104–129.
- Hijmans, R. J., Cameron, S., y Parra, J. (2014). WorldClim - Global Climate Data. Obtenido de <http://www.worldclim.org/>
- Hutson, A., y Mickleburgh, S. (2001). *Microchiropteran bats: global status survey and conservation action plan*. (IUCN/SSC Chiroptera Specialist Group, Ed.). IUCN, Gland, Suiza y Cambridge, Inglaterra: IUCN. Obtenido de <http://books.google.com/books?hl=en&lr=yid=1yUBfOnAdeYCyoi=fndyypg=PR7ydq=Microchiropteran+bats:+global+status+survey+and+conservation+action+plan&ots=-N-3LW-4Nqysig=v7Gaxu10710Jr1om8AkOaHjcbEU>
- Ibáñez, C. (2007). *Eptesicus serotinus*. En L. J. Palomo, J. Gisbert, y J. Carlos Blanco (Eds.), *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España* (pp. 237–240). Madrid, España.
- InDRE. (2014). *Lineamientos para la vigilancia de rabia por laboratorio* (1st ed., pp. 1–114).
- INEGI. (2010). Censo de Población y Vivienda 2010.
- INEGI. (2014). Cartografía Geoestadística Rural, San Luis Potosí.
- Jurado G, G., Montoya-flórez, L., Betancur H, C., y Pedraza-ordoñez, F. (2012). Uso de la inmunohistoquímica como herramienta epidemiológica para el diagnóstico de rabia bovina a partir de casos no conclusivos. *MVZ Córdoba*, 17(2), 3065–3070.
- King, A. A. (2004). *Historical Perspective of Rabies in Europe and the Mediterranean Basin A testament to rabies by Dr Arthur A . King*. (A. A. King, A. R. Fooks, M. Aubert, y A. I. Wandeler, Eds.) (p. 361). Paris, Francia: World Organisation for Animal Health.
- Knight, A. J. (2008). “Bats, snakes and spiders, Oh my!” How aesthetic and negativistic attitudes, and other concepts predict support for species protection. *Journal of Environmental Psychology*, 28(1), 94–103. doi:10.1016/j.jenvp.2007.10.001
- Kuzmin, I. V, Bozick, B., Guagliardo, S. A., Kunkel, R., Shak, J. R., Tong, S., y Rupprecht, C. E. (2011). Bats, emerging infectious diseases, and the rabies paradigm revisited. *Emerging Health Threats Journal*, 1, 1–17. doi:10.3402/ehjt.v4i0.7159
- La Jornada San Luis Potosí. (2015). Conafor: 2016 será un año de fuertes sequías. *La Jornada San Luis Potosí*.
-
-

- Lemus, J. D., Tigre, C. H., Ruiz, P. L., y Dachs, N. (1996). Manual de vigilancia epidemiológica. En OPS (Ed.), *Serie HSP-UNI/ Manuales Operativos PALTEX Volumen IV, N° 10*. Washington, D.C.
- Ley de salud del estado de san luis potosi. (2014).
- Linhart, S. B., Flores-Crespo, R., y Mitchell, G. C. (1972). Control de murciélagos vampiros por medio de un anticoagulante. *Bol. Ofna. Sanit. Panam.*, 63(2), 100–109.
- Llamas López, L., y Orozco Plascencia, E. (2009). Rabia, infección viral del sistema nervioso central. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 10(3), 212–219. Obtenido de <http://www.medigraphic.com/pdfs/revmexneu/rmn-2009/rmn093g.pdf>
- Lord, R. D. (1981). Guía sobre estrategia ecológica para controlar la rabia bovina. *Ciencia Veterinaria*, 3, 78–102.
- Loza, E., y Aguilar, Á. (1998). Estudio de la variabilidad molecular del virus de la rabia en México. *Ciencia Veterinaria*, 8, 51–84.
- Loza-rubio, E., Aguilar-setién, A., Bahloul, C., Brochier, B., Pastoret, P. P., y Tordo, N. (1999). Discrimination Between Epidemiological Cycles of Rabies in Mexico 1. *Archives of Medical Research*, 30, 144–149.
- Malaga, A., y Campillo, C. (1957). Rabia humana transmitida por murciélagos: Confirmación del primer caso en México. *Boletín de La Oficina Sanitaria Panamericana*, 42, 567–570.
- Malaga-Alba, A. (1954). El vampiro portador de la rabia. *Boletín de La Oficina Sanitaria Panamericana*, 37, 53–65. Obtenido de <http://hist.library.paho.org/Spanish/BOL/v37n1p53.pdf>
- Mayen, F. (2003). Haematophagous bats in Brazil, their role in rabies transmission, impact on public health, livestock industry and alternatives to an indiscriminate reduction of bat population. *Journal of Veterinary Medicine. B, Infectious Diseases and Veterinary Public Health*, 50(10), 469–72. Obtenido de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14720182>
- McColl, K. A., Tordo, N., y Aguilar, A. (2000). Bat lyssavirus infections. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 19(1), 177–196.
- Medellín, R. A., Arita, H. T., y Sánchez H., O. (2008). *Identificación de loa murciélagos de México. Clave de campo*. (U. Instituto de Ecología, Ed.) (2nd ed.).
- Merow, C., Smith, M. J., y Silander, J. A. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species ' distributions : what it does , and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36, 1058–1069. doi:10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x

- Ministerio de Sanidad y Consumo. (2008). *La zoonosis rábica en quirópteros : Manual de buenas prácticas y manejo de los murciélagos*. (Ministerio de Sanidad y Consumo, Ed.) (p. 13). Madrid, España.
- Montañez, A. J., y Martínez, R. (2013). La naturaleza como víctima de la conquista Española caso : los murciélagos. *TELOS. Revista de Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales*, 15(2), 153–164.
- Morrone, J. J. (2005). Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 76(2), 207–252.
- Mungrue, K. (2010). The History of the Only Rabies Epidemic in Trinidad and Tobago (1923-1937). *History in Action*, 1(1).
- Muñoz, M. F. (1990). La rabia: una zoonosis de interés en andalucía. *Anales de La Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, 2, 3–20.
- Muñoz, M. T. (2006). El culto al dios murciélago en Mesoamérica. *Arqueología Mexicana*, 14(80), 17–23.
- NOAA. (2015). ENSO. *National Oceanic and Atmospheric Administration*.
- Organizacion Mundial de Salud Animal. (2009). epidemiología y programas de lucha contra las enfermedades de los animales Situación mundial de la rabia., 47–51.
- Organizacion Mundial de Salud Animal. (2013). Rabia. En *Manual de las Pruebas de Diagnóstico y de las Vacunas para los Animales Terrestres* (pp. 1–28).
- Ormaeche, M. (2007). Actores de riesgo para mordeduras por murciélagos hematófagos en el valle del río Apurímac. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 24(1), 89–92.
- Palmeirim, J., y Rodrigues, L. (1991). Estatus y conservación de los murciélagos en Portugal. En J. Benzal y O. Paz (Eds.), *Los murciélagos de España y Portugal* (pp. 163–179). Madrid, España: Monografías del ICONA, Colección Técnica.
- PANAFTOSA - OPS/OMS. (2009). *Plan de acción para la prevención y el control de la rabia en las Américas. Etapa 2005-2009*.
- PANAFTOSA - OPS/OMS. (2014). Sistema de Información Epidemiológica. Obtenido de <http://siepi2.panaftosa.org.br/>
- Phillips, S. J., y Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent : new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2007), 161–175. doi:10.1111/j.2007.0906-7590.05203.x
- POPOL-VUH. (s.f.).

- Racey, P. A., Hutson, A. M., y Lina, P. H. C. (2013). Bat Rabies , Public Health and European Bat Conservation. *Zoonoses and Public Health*, 58–68. doi:10.1111/j.1863-2378.2012.01533.x
- Romero, R. (2013). *Zotz. El murciélago en la cultura maya* (p. 186). México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Filológicas (Cuadernos del Centro de Estudios Mayas, 39).
- Ruiz, A., y Soriano, P. J. (2000). Los murciélagos como polinizadores y dispersores de semillas de las cactáceas columnares en los enclaves áridos andinos del norte de Suramérica. En P. Muñoz de Hoyos (Ed.), *Primer Congreso Colombiano de Zoología* (pp. 279–289). Bogotá.: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Services Sciences*, 1(1), 83–97.
- SAGARPA. (1999). NOM-056-ZOO-1995, Especificaciones técnicas para las pruebas diagnósticas que realicen los laboratorios de pruebas aprobados en materia zoosanitaria.
- SAGARPA. (2001). Modificación. NOM-046-ZOO-1995, Sistema Nacional de Vigilancia Epizootiológica, 33–45.
- SAGARPA. (2011). NOM-067-ZOO-2007, Campaña nacional para la prevención y control de la rabia en bovinos y especies ganaderas. *Diario Oficial de La Federación*, 28–60.
- SAGARPA, y SENASICA. (2011). Componente de sanidades del programa de prevención y control de riesgos: estado de San Luis Potosí.
- Sampedro, A. C., Martínez, C. M., Mercado, A. M., Osorio, S. C., Otero, Y. L., y Santos, L. M. (2008). Refugios, período reproductivo y composición social de las poblaciones de *Desmodus rotundus* (geoffroy, 1810) (chiroptera: phyllostomidae), en zonas rurales del departamento de Sucre, Colombia. *Caldasia*, 30(1), 127–134.
- Schaefer, A. L., Cook, N. J., Bench, C., Chabot, J. B., Colyn, J., Liu, T., ... Webster, J. R. (2012). The non-invasive and automated detection of bovine respiratory disease onset in receiver calves using infrared thermography. *Research in Veterinary Science*, 93(2), 928–35. doi:10.1016/j.rvsc.2011.09.021
- Schaefer, A. L., Cook, N., Tessaro, S. V, Deregt, D., Desroches, G., Dubeski, P. L., ... Godson, D. L. (2004). Early detection and prediction of infection using infrared thermography 1. *Can. J. Anim. Sci.*
- Schneider, M. C., Romijn, P. C., Uieda, W., Tamayo, H., da Silva, D. F., Belotto, A., ... Leanes, L. F. (2009). Rabies transmitted by vampire bats to humans: an emerging zoonotic disease in Latin America? *Revista Panamericana de Salud Pública*, 25(3), 260–9. Obtenido de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19454154>

- Schneider, M. C., y Santos, C. (1995). Algunas consideraciones sobre la rabia humana transmitida por murciélago. *Salud Pública de México*, 37(4), 354–362.
- Seguí, M., Nadal, J., Sa, L. P., Serra-cobo, J., Lo, M., y Lavenir, R. (2013). Ecological Factors Associated with European Bat Lyssavirus Seroprevalence in Spanish Bats. *PLOS ONE*, 8(5). doi:10.1371/journal.pone.0064467
- SEMARNAT. (2010a). La NOM-059 y el MER. En *Método de evaluación del riesgo de extinción* (pp. 21–38).
- SEMARNAT. (2010b). NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
- SENASICA. (2013a). Campaña Nacional contra la Rabia Paralítica Bovina. Datos de Vigilancia Periodo: ENERO-JUNIO 2013.
- SENASICA. (2013b). Campaña Nacional contra la Rabia Paralítica Bovina. Datos de Vigilancia Periodo: JULIO-DICIEMBRE 2013, 2013.
- SENASICA. (2014a). Directorio nacional de laboratorios en diagnóstico autorizados. *Dirección General de Salud Animal*.
- SENASICA. (2014b). Informes semanales de salud animal.
- Servicios de salud de San Luis Potosí. (2014a). *PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LAS ZOONOSIS*.
- Servicios de salud de San Luis Potosí. (2014b). *PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LAS ZOONOSIS*.
- Slate, D., Rupprecht, C. E., Rooney, J. a, Donovan, D., Lein, D. H., y Chipman, R. B. (2005). Status of oral rabies vaccination in wild carnivores in the United States. *Virus Research*, 111(1), 68–76. doi:10.1016/j.virusres.2005.03.012
- Song, C., Driskell, J. D., Tripp, R. A., Cui, Y., y Zhao, Y. (2012). The Use of a Handheld Raman System for Virus Detection. *Chemical, Biological, Radiological, Nuclear, and Explosives (CBRNE)*, 8358(1), 1–7. doi:10.1117/12.918758
- Soriano, P. J., Ruiz, A., y Nassar, J. M. (2000). Notas sobre la distribución e importancia ecológica de los murciélagos *leptonycteris curasoae* y *glossophaga longirostris* en zonas áridas andinas. *Ecotropicos*, 13(2), 91–95.
- SSA. (2001). Preograma de acción: Rabia.
- SSA. (2003). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-036-SSA2-2002. *Diario Oficial de La Federación*, DXCVIII(13).
-
-

- SSA. (2011). NOM-011-SSA2-2011, Para la prevención y control de la rabia humana y en los perros y gatos. *Diario Oficial de La Federación*.
- SSA. (2013). NOM-017-SSA2-2012, para la vigilancia epidemiológica. *Diario Oficial de La Federación*.
- Streicker, D. G., Recuenco, S., Valderrama, W., Benavides, J. G., Vargas, I., Pacheco, V., ... Condori, E. C. (2012). Ecological and anthropogenic drivers of rabies exposure in vampire bats : implications for transmission and control. *Proc. R. Soc. B*, 279, 3384–3392. doi:10.1098/rspb.2012.0538
- Suzán A., G. (2005). Murciélago vampiro. En *Los mamíferos silvestres de México* (pp. 193–194).
- Takayama, N. (2008). Rabies : a preventable but incurable disease. *J Infect Chemother*, 14, 8–14. doi:10.1007/s10156-007-0573-0
- Taylor, I., y Knowelden, J. (1964). *Principles of Epidemiology. Principles of Epidemiology*. (2a ed.). Atlanta, Georgia. Obtenido de <http://www.cabdirect.org/abstracts/19652700920.html>
- Taylor, L. H., Latham, S. M., y Woolhouse, M. E. J. (2001). Risk factors for human disease emergence. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, 356, 983–989. doi:10.1098/rstb.2001.0888
- Torres, E. J., y Fernández, A. (2012). Instrumento para el análisis y evaluación de los conocimientos , actitudes y acciones hacia los murciélagos en la Mixteca poblana. *Investigación Ambiental*, 4(1), 4–18.
- Tuttle, M. D., y Moreno, A. (2005). *Murciélagos Cavernícolas del Norte de México. Su importancia y problemas de conservación*. (Bat Conser., p. 49). Estados Unidos de América.
- Vargas, R., y Cárdenas, J. (1996). Epidemiología de la rabia: situación actual en México. *Ciencia Veterinaria*, 7, 331–360.
- Velasco-villa, A., Gómez-sierra, M., Juárez-islas, V., Vargas-pino, F., Flisser, A., Hernández-rodri, G., ... Velázquez-monroy, O. (2002). Antigenic Diversity and Distribution of Rabies Virus in Mexico Antigenic Diversity and Distribution of Rabies Virus in Mexico. *Journal of Clinical Microbiology*, 40(3), 951–958. doi:10.1128/JCM.40.3.951
- Villa, B. (1976). Biología de los murciélagos Hematófagos. *Ciencia Veterinaria*, 1, 85–101.
- Voigt, C. C., y Kelm, D. H. (2006). Host Preference of the Common Vampire Bat (Desmodus Rotundus; Chiroptera) Assessed By Stable Isotopes. *Journal of Mammalogy*, 87(1), 1–6. doi:10.1644/05-MAMM-F-276R1.1
- WHO, EHA, y EHTP. (1998). Risk assessment for emergency management. En *Emergency health training programme for africa*.

Wilkinson, G. S. (1986). Social grooming in the common vampire bat , *Desmodus rotundus*. *Animal Behaviour*, 34, 1880–1889.

Wint, W., y Robinson, T. (2007). *Gridded livestock of the world 2007*. Food And Agriculture Organization of the United Nations. *FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS*. Roma.

World Health Organization. (2005). *WHO Expert Consultation on Rabies: First report*.

World Health Organization. (2013). *WHO Expert Consultation on Rabies: Second report (WHO techni.)*. Geneva.

World Health Organization. (2014). Rabies - Bulletin - Europe. *Rabies Information System*.

Zárate Martínez, D. G., Serrato Díaz, A., y López Wilchis, R. (2012). Importancia ecológica de los murciélagos. *Contactos*, 85, 19–27.