



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Maestría en Salud y Producción Animal Sustentable

Tesis Individual

FACTORES AMBIENTALES ASOCIADOS A LA TRANSMISIÓN VAMPIRO- BOVINO DE LA RABIA PARALÍTICA EN LA SIERRA GORDA DE QUERÉTARO

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Ciencias

Presenta:

Isabel Bárcenas Reyes

Dirigido por:

Dr. Feliciano Milián Suazo

SINODALES

Dr. Feliciano Milián Suazo

Presidente

Dr. Germinal Jorge Cantó Alarcón

Secretario

Dra. Gabriela Aguilar Tipacamú

Vocal

Dr. Carlos Alberto López González

Suplente

Dra. Andrea Margarita Olvera Ramírez

Suplente

Dra. Margarita Teresa de Jesús García Gasca
Directora de la Facultad de Ciencias Naturales

Firma
Firma
Firma
Firma
Firma

Dr. Imeio Torres Pacheco
Director de Investigación y Posgrado de la
Universidad Autónoma de Querétaro

RESUMEN

Se realizó un estudio para determinar los posibles factores ambientales que influyen sobre la presentación de casos de rabia paralítica bovina transmitida por el murciélago hematófago en el estado de Querétaro. Se encontró que de un total de 44 casos presentados en bovinos la mayoría ocurrió en la Sierra Gorda y en la zona del semidesierto del estado y que las condiciones ambientales que mayormente influyen en su distribución son la estacionalidad de la precipitación pluvial y el incremento en el padrón ganadero. Se evidenció que la altura sobre el nivel del mar ya no es una limitante para la movilización del murciélago hematófago dada la presentación de casos en la zona de Peñamiller y Tolimán en el semidesierto (1200 a 1750 msnm). La variante antigénica del virus involucrado en los casos registrados fue la V11, variante asociada a transmisión por el murciélago hematófago en América Latina. Una alta proporción (68%) de casos ocurrió en animales menores de 6 meses, lo que sugiere una estrategia de vacunación inapropiada. Un análisis de predicción de probabilidad de presentación de casos en el estado utilizando variables ambientales indica que la zona de la Sierra Gorda, Jalpan y Landa de Matamoros y la zona del semidesierto, Peñamiller y Tolimán son las de mayor riesgo. Una alta incidencia de casos en regiones infectadas de los estados vecinos de San Luis Potosí y Guanajuato son también consideradas como de alto riesgo para la diseminación de la enfermedad en la zona del semidesierto de Querétaro. En el desarrollo del estudio se detectaron deficiencias en la captura de información de los casos de rabia bovina, lo que limitó la magnitud del estudio, el cual se sujetó a la poca información disponible. Se discute la necesidad de ampliar la metodología del estudio de la rabia paralítica bovina en Querétaro, donde se pueda incluir la determinación de la prevalencia de la enfermedad en el murciélago hematófago, la genotipificación del virus, uso de metodologías GIS, la calendarización de las campañas de vacunación, la cuantificación de refugios y la cuantificación de la deforestación, entre otras.

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine possible environmental risk factors for the presence of paralytic rabies in cattle transmitted by the hematofagus bat *Desmodus rotundus* in the State of Querétaro, Mexico. Between 2005 and 2011 a total of 44 cases were reported, most of them in the Sierra Gorda (Jalpan y Landa de Matamoros) and the semi-desert (Peñamiller and Tolimán) regions. It seems that the most important environmental conditions for the presence of cases were the seasonal distribution of rain and the increase of cattle in those regions. Other factors such as reactivation of mining and deforestation for construction of ducts for water transportation in Peñamiller and Toliman could also be involved. It was found that altitude is no more a limiting factor for the regional distribution of *D. rotundus*, cases were reported in altitudes above 1500 m, altitude previously believed as the highest reach by this vampire. The antigenic variant V11 of the rabies virus was the one reported in all cases, which is the one known to be transmitted by the *D. rotundus* bat in cattle in Latin America. A high proportion of cases occurred in cattle under 6 months of age, suggesting inappropriate use of the vaccine. A probability prediction analysis considering environmental variables favorable for *D. rotundus* distribution showed that the Sierra Gorda and the Semi-desert regions are the ones with the highest risk. Rabies infected regions of the neighboring States of San Luis Potosí and Guanajuato are also considered a risk for the dissemination of the disease in the region of Peñamiller and Tolimán. Some gaps of important epidemiological information to better analyze the cattle rabies phenomenon in Queretaro were experienced. The need for more accurate studies is discussed. Incorporating studies to determine rabies bat prevalence, appropriate vaccination records maintenance, virus genotyping, caves and refugees counting, deforestation quantification, incorporation of GIS methodologies and involving multidisciplinary groups in the planning and conducting of this kind of studies is recommended.

Dedicatorias

A mi Esposo, David Cerezo Sánchez: Por tu amor y tu fe, que me dan la confianza plena de seguir cumpliendo cada una de mis metas para sembrar un futuro. Gracias por las palabras que siempre escucho: “Cuentas conmigo”.

A mi hija, Ana Mariel Cerezo Bárcenas: Por inundar mi vida con su amor y alegría, al ser la persona en la que encuentro la fortaleza y nobleza, virtudes que me enseñan día con día.

A mi mamá, Margarita Reyes Olvera: Por tu incondicionalidad, darme el amor y cariño en cada paso que doy. Por ser mi gran amiga y enseñarme que hay que esforzarse por alcanzar ideales y que la vida está llena de heroísmo.

A mi papá, Gonzalo Bárcenas Mejía: Por ser el guía, amigo y padre amoroso, enseñarme a luchar con verdad y convicción por lo que quiero aspirando siempre a lo más alto.

Papa y Mamá: Gracias Por el ejemplo vivo del valor de la trascendencia.

A mi Hermano, Gonzalo Bárcenas Reyes: Por tu paciencia, compañerismo fraterno y solidario. Por ser trascendente en mi vida.

Agradecimientos

Profesores:

Dr. Feliciano Milián Suazo: Por escuchar mis ideas y ayudarme con su profesionalismo y paciencia a concretarlas. Por la amistad que me brindó.

Dr. Germinal Jorge Cantó Alarcón, Dra. Gabriela Aguilar Tipacamú, Dr. Carlos Alberto López González, Dra. Andrea Margarita Olvera Ramírez: Por los conocimientos y orientación, que influyeron en el pensamiento de esta tesis. Por su amabilidad, paciencia y amistad.

A mis amigos lejanos y cercanos:

Por las palabras oportunas, animando siempre a dar lo mejor de mí y compartir nuestros anhelos.

CONTENIDO

| | |
|---|------|
| Resumen | i |
| Abstract | ii |
| Dedicatorias | iii |
| Agradecimientos | iv |
| Contenido | v |
| Índice de cuadros | vii |
| Índice de figuras | viii |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. ANTECEDENTES | 2 |
| 1.2. OBJETIVOS | 4 |
| 1.2.1. Objetivo General | 4 |
| 1.2.2. Objetivos Específicos | 4 |
| 1.3 HIPÓTESIS | 4 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA | 5 |
| 2.1. La enfermedad | 5 |
| 2.1.1. Historia de la rabia | 5 |
| 2.1.2. Hipótesis sobre el origen de la rabia paralítica bovina | 6 |
| 22 El agente etiológico | 8 |
| 2.3. Patogenia | 10 |
| 2.4. El vector | 11 |
| 2.5. Control de murciélago hematófago | 13 |
| 2.6. Impacto de las condiciones ambientales sobre la transmisión de la rabia paralítica bovina a causa del murciélago hematófago (<i>D. rotundus</i>) | 15 |
| 2.7. Epidemiología | 16 |
| 2.7.1. La rabia urbana | 18 |
| 2.7.2. La rabia Silvestre | 18 |
| 2.7.3. Reportes de casos de rabia | 18 |
| 2.8. Diagnóstico | 21 |
| 2.8.1. Diagnóstico diferencial | 22 |
| 2.9. Prevención | 23 |

| | |
|----------------------------------|----|
| 2.9.1. Vacunas | 23 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 25 |
| IV. RESULTADOS | 30 |
| V. DISCUSIÓN | 46 |
| VI CONCLUSIÓN | 51 |
| VII RECOMENDACIÓN | 52 |
| VIII REFERENCIAS | 53 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| 1. Variantes antigénicas del virus de la rabia descrita en especies silvestres | 9 |
| 2. Variantes antigénicas de virus rábico obtenidas con anticuerpo monoclonales | 10 |
| 3. Cepas vacunales contra la rabia paralítica en México (SAGARPA) | 24 |
| 4. Frecuencia de casos de rabia paralítica en bovinos por año en 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro de 2005 a 2011 | 30 |
| 5. Casos de rabia paralítica bovina por municipio por año de 2005 a 2011 en el Estado de Querétaro | 31 |
| 6. Frecuencia de casos de rabia paralítica en bovinos de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar en 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro de 2005 a 2011 | 32 |
| 7. Frecuencia de casos de rabia paralítica en bovinos de acuerdo a la temperatura anual de los 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro de 2005 – 2011 | 32 |
| 8. Frecuencia de casos de rabia paralítica en bovinos por precipitación pluvial anual de los 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro de 2005 – 2011 | 33 |
| 9. Frecuencia de casos de rabia paralítica en bovinos de acuerdo a la estación del año en 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro 2005 – 2011 | 33 |
| 10. Frecuencia de casos de rabia paralítica en bovinos de acuerdo al uso de suelo y tipo de vegetación en 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro 2005 - 2011 | 34 |
| 11. Frecuencia de casos de rabia paralítica en bovinos de acuerdo al tipo de clima en 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro, 2005 – 2011 | 34 |
| 12. Frecuencia de casos de rabia paralítica en bovinos de acuerdo al censo ganadero de los 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro de 2005 – 2011 | 35 |
| 13. Frecuencia de casos de rabia paralítica en bovinos en machos y hembras en 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro de 2005 a 2011 | 36 |
| 14. Frecuencia de casos de rabia paralítica en bovinos por grupo de edad en meses en 6 municipios de la Sierra Gorda del Estado de Querétaro de 2005 a 2011 | 36 |
| 15. Frecuencia de casos de rabia paralítica en bovinos de acuerdo a la variante 11 en 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro | 37 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| 1. Casos de rabia parálitica bovina durante el periodo 2005 a 2011 en el Estado de Querétaro | 31 |
| 2. Inventario de cabezas de ganado bovino en la Sierra Gorda y Semidesierto de Querétaro de 2005 a 2011 | 35 |
| 3. Distribución espacial de los casos de rabia parálitica bovina, del 2005 al 2011, de acuerdo a la altitud en msnm, en la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro | 38 |
| 4. Distribución espacial de los casos de rabia parálitica bovina del 2005 al 2011, de acuerdo a la temperatura anual (°C), en la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro | 39 |
| 5. Distribución espacial de los casos de rabia parálitica bovina presentados del 2005 al 2011 de acuerdo a la precipitación anual (mm) en la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro | 40 |
| 6. Distribución espacial de los casos de rabia parálitica bovina presentados del 2005 al 2011 de acuerdo al uso de suelo y tipo de vegetación en la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro. | 41 |
| 7. Distribución espacial de los casos de rabia parálitica bovina presentados del 2005 al 2011 de acuerdo al tipo de clima en la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro | 42 |
| 8. Probabilidad predicha de condiciones ambientales favorables para los casos de rabia parálitica bovina presentados del 2005 al 2011 en la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro | 43 |
| 9. Curva de respuesta de probabilidad del modelo Maxent para la variable altitud y la presencia de casos de rabia en 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro, 2005 - 2011 | 44 |
| 10. Curva de respuesta de probabilidad del modelo Maxent para la variable de temperatura promedio anual (Bio 1) y la presencia de casos de rabia en 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro, 2005 - 2011 | 44 |
| 11. Curva de respuesta de probabilidad del modelo Maxent para la variable de precipitación anual (Bio 12) y la presencia de casos de rabia en 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro, 2005 - 2011 | 45 |
| 15. Casos de rabia parálitica en los municipios de Arroyo Seco, Jalpan de Serra, Landa de Matamoros, Pinal de Amoles, Peñamiller y Tolimán del Estado de Querétaro en el periodo 2005 a 2011 | 50 |

I. INTRODUCCIÓN

La rabia es una enfermedad ocasionada por un virus que pertenece a la familia *Rhabdoviridae* que se agrupa en el orden Mononegavirales del genero *Lyssavirus*. Este virus se subdivide en genotipos, al genotipo 1 se le conoce como de la rabia clásica, que produce una encefalomiелitis aguda no supurativa, que afecta a animales de sangre caliente, que es zoonótico y tiene una distribución mundial (Acha, 1986). Los *Lyssavirus* del genotipo 2 al 6 también se relacionan con el virus de la rabia clásica en África y Europa teniendo una distribución más limitada que el genotipo 1 (Aguilar et al; 1996).

Dependiendo de la época y de la región geográfica, la rabia toma una forma diferente, lo cual tiene mucha relación con la naturaleza del tipo de variante antigénica que la produce (Almaraz, 2006). La rabia tiene una presentación urbana cuando el reservorio predominante es el perro y una presentación silvestre cuando los reservorios predominantes son mamíferos silvestres, en especial los quirópteros (Secretaria de salud, 2005). Los cambios productivos en las actividades agrícolas y pecuarias han provocado una alteración de los ecosistemas del mundo, ocasionando la deforestación de zonas tropicales y subtropicales y causando la migración del murciélago hematófago, lo que trae como consecuencia, el incremento de casos de rabia en especies ganaderas, ya que los murciélagos hematófagos (*Desmodus rotundus*), comúnmente llamados vampiros, se están adaptando a altitudes y climas que hace algunas décadas eran consideradas como barreras naturales (Jiménez, 2006).

La rabia silvestre, transmitida por murciélago hematófago a los bovinos en los municipios de Arroyo Seco, Jalpan de Serra, Landa de Matamoros, Peñamiller, Pinal de Amoles y Tolimán es considerada una enfermedad emergente porque se presentó por primera vez en regiones donde no se esperaba: Tolimán y Peñamiller. Esto ha sido motivo de preocupación por el impacto que pueda tener en la salud pública y animal. Para determinar el comportamiento de la enfermedad durante el periodo

2005 – 2011, es necesario conocer qué factores ambientales influyen para el incremento de casos transmitidos por el murciélago *D. rotundus*.

1.1. Antecedentes

En México se han notificado focos de rabia paralítica bovina (RPB) en animales productivos en 24 estados de la República, desde el Sur de Sonora por toda la costa del Pacífico hasta Chiapas y desde el Sur de Tamaulipas hasta la Península de Yucatán, por el Golfo de México (Almaraz y Setién, 2005). Hasta antes del 2005, Querétaro era considerado un Estado en riesgo de presentar derriengue por el hecho de tener población de murciélago hematófago. En el año 2005 el Estado de Querétaro reportó 10 casos de rabia en bovinos transmitida por murciélago hematófago (*D. rotundus*) (Comité de fomento y protección pecuaria del estado de Querétaro). Durante ese mismo año se esperaba un brote de rabia bovina en el Estado debido a la presencia de colonias de vampiros infectadas recientemente con el virus rábico y a una nula o baja inmunización de la población de ganado en la zona.

En el periodo de 2005–2011, han ocurrido casos de rabia paralítica en bovinos en la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro. Antes del 2011, los casos de rabia paralítica se presentaban únicamente en la Sierra gorda, en el 2011 se presentó un caso en el municipio de Tolimán y cuatro más en el Municipio de Peñamiller, zonas donde antes la enfermedad era desconocida y que por su orografía y altura sobre el nivel del mar, no se consideraban favorables como hábitat del murciélago vampiro. No solo la especie bovina ha presentado la enfermedad, se tienen reportes de casos confirmados por laboratorio en ovinos, caprinos y equinos e incluso en animales silvestres como zorrillos. La distribución de la enfermedad en la entidad es grave, pues actualmente se tienen registrados y confirmados por laboratorio 570 casos de RPB en las diferentes especies, los cuales coinciden con las fronteras del Estado de San Luis Potosí y el Estado de Guanajuato y la distribución del murciélago hematófago. La cobertura de vacunación antes del 2011 se realizaba con 21 mil dosis que contemplaban solo los municipios de Arroyo Seco,

Jalpan, Landa de Matamoros y Pinal de Amoles, pero ante el incremento de casos de rabia en el semidesierto queretano durante el año 2011, se amplió a 45 mil dosis, en las cuales se incluyen ya a los municipios de Tolimán, Peñamiller, San Juan del Río, Cadereyta de Montes y Ezequiel Montes, que son lugares nuevos con presencia de casos de la enfermedad. Esto, en conjunto con otras acciones como delimitar las áreas de influencia para la transmisión de la enfermedad y llevando a cabo las brigadas de capacitación y difusión por municipio y localidad afectados, estableciéndose 4 brigadas en Peñamiller y 3 brigadas en Tolimán, considerando las posibles rutas migratorias de los murciélagos, las cuales fueron de Guanajuato a Querétaro y de Peñamiller a Tolimán, y el control del vector por medio de la captura (Comité de Fomento y Protección Pecuaria de Querétaro).

En el estado de Querétaro, el ganado bovino se desarrolla bajo sistemas extensivos de libre pastoreo dadas las condiciones climatológicas y topográficas donde se utilizan pastos nativos y en pequeñas áreas. Los zacates introducidos, tales como el Estrella de África y el Guinea son de los más utilizados, con el aprovechamiento de esquilmos agrícolas en los meses de sequía, de Marzo a Mayo. Las principales razas que se explotan son cruza de Cebú, suizo y criollo.

En el Estado de Querétaro, desde el 2008 a la fecha se cursa la novena temporada más seca, con una baja en los niveles de lluvia del 32%. A principios del mes de Junio del 2011, las autoridades locales del Estado emitieron alertas sobre los riesgos que tendría la ganadería y la agricultura en caso de continuar con la sequia.

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general

Determinar los posibles factores de riesgo asociados con la presencia de la rabia parálitica bovina en la Sierra Gorda y el semidesierto del estado de Querétaro.

1.2.2. Objetivos específicos

-Identificar fuentes de información sobre los casos de rabia parálitica bovina que se han presentado en el estado de Querétaro entre el 2005 y el 2011.

-Realizar cartografías que representen las variables de Altura, precipitación pluvial, temperatura, uso de suelo, tipo de vegetación y clima de acuerdo a los casos de rabia ocurridos en el periodo 2005 a 2011.

-Determinar las variables ambientales que condicionan más la distribución geográfica de los casos de rabia en el periodo 2005 a 2011

1.3. Hipótesis

El incremento de casos de rabia en bovinos en el periodo 2005 a 2011 en la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro se debe a la alteración de factores ambientales que provocan el abandono de nichos ecológicos de los murciélagos hematófagos portadores del virus de la rabia.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La enfermedad

La rabia es una enfermedad conocida por el hombre desde la antigüedad, que dependiendo de la época y de la región geográfica ha mostrado una forma diferente de acuerdo a la naturaleza del agente causal (Almaraz, 2006). Es una zoonosis viral que causa aproximadamente 50,000 casos nuevos por año en todo el mundo (Leung et al., 2007). Se distinguen dos ciclos de la rabia, urbano y selvático. La gran mayoría de los casos humanos se registran en las ciudades y se deben a mordeduras de perros rabiosos. En los países en donde se ha controlado o erradicado la rabia canina y existe la selvática, el número de casos humanos se ha reducido a un nivel muy bajo (Sipove, 2009). La rabia paralítica bovina afecta al sistema nervioso central por su característica neurotrópica, tiene distribución mundial y causa grandes pérdidas económicas en la ganadería. En el caso de México, tan solo en el periodo del 2001 al 2006, las pérdidas se estimaron 27,787,200 millones de pesos. Por su importancia, de acuerdo a los lineamientos de la OMSA, ésta es una enfermedad de reporte obligatorio; sin embargo, la mayor importancia de la rabia radica en que representa un riesgo para la salud pública ya que en el humano causa una encefalomiелitis aguda casi siempre mortal.

2.1.1 Historia de la rabia

La descripción de la enfermedad en perros y animales domésticos se documentó 550 años a. C., por Demócrito y luego, en el año 332 a. C. Aristóteles señaló que esta se transmitía por la mordedura de perros enfermos a otros animales (Sánchez, et al., 2004). En 1908, en Santa Catarina, al sur de Brasil, se observó en el ganado un padecimiento al que se denominó *Peste da Cadeiras*, posteriormente, en 1913 se identificó a este padecimiento con la rabia, pues se encontraron corpúsculos de Negri en cerebros de animales muertos (Kretschmer, 2005). El primer brote de rabia humana transmitida por murciélagos que se describió en la literatura especializada ocurrió en Trinidad en 1927, pero fue diagnosticado inicialmente como

poliomielitis. En 1931, la enfermedad fue investigada y se estableció el diagnóstico de rabia. En este brote se registraron 53 defunciones humanas y 2,000 en ganado vacuno (Baer, 1975). Nuevamente en Brasil, pero en 1911, Carini identificó por primera vez el corpúsculo de Negri en el cerebro del ganado mordido por vampiro y logró reproducir la enfermedad con síntomas semejantes en conejos (Baer, 1991). Con las investigaciones de Haupt y Rehaag en 1921, se comprobó la relación entre los murciélagos y la rabia paralítica bovina (Baer, 1991). Posteriormente, en 1929, Pasan observó cuerpos de inclusión semejantes a los corpúsculos de Negri en tejido nervioso (encéfalo), tanto en material procedente de seres humanos como de ganado y aisló el virus rábico del murciélago *D. rotundus*. En 1931 logró infectar experimentalmente a murciélagos de ese género. Con base en estos resultados, describió las formas clínicas de la enfermedad en murciélago y en animales de laboratorio inoculados con material procedente de este vampiro. Comprobó asimismo que un vampiro podía continuar infectando hasta 5 meses y medio sin presentar síntomas, por lo que concluyó que el murciélago hematófago, era el vector de la rabia en Trinidad y Tobago. Basados en esto, los investigadores del Instituto Pasteur confirmaron el diagnóstico y afirmaron que el virus aislado de vampiro era idéntico al que producía la rabia paralítica bovina (Almaraz et al., 2006). En México se informó por primera vez de manera científica y documentada sobre la rabia en el ganado bovino en 1910 y un año más tarde, se comprobó la transmisión de la enfermedad al ganado a partir del murciélago hematófago (Ceballos, 2002). En 1944 y 1945, Téllez Girón demostró que la enfermedad conocida en México con los nombres de Huila, derriengue, tronchado o renguera, correspondía a la *Peste das Cadeiras* de Brasil (Kretschmer, 2005).

2.1.2. Hipótesis sobre el origen de la rabia paralítica bovina

Existen a la fecha diferentes hipótesis en relación a la aparición de la rabia en el continente americano. La primera hipótesis menciona que la rabia no parece haber sido conocida en el Nuevo Mundo antes de la llegada de los europeos y que quizá fue introducida en América del Norte y del Sur por los perros que acompañaban a los

conquistadores. La enfermedad apareció por primera vez en América Meridional en 1,803 y en Perú (Arequipa) en 1807 (Laval y Lepe, 2008).

La segunda hipótesis menciona que el primer caso reportado de rabia en América latina se presentó durante la época de la conquista en Yucatán. Esto quizá debido al deterioro de los ecosistemas que dió la pauta para que la fauna silvestre nativa, como es el caso de los quirópteros, empezara a desarrollar adaptaciones a climas y condiciones ambientales diferentes, abandonando sus nichos con el objetivo de lograr sobrevivir ante la demanda ambiental, permitiendo la entrada de enfermedades en Latinoamérica, como fue el caso de la rabia. La tercera hipótesis menciona la presencia de la enfermedad en murciélagos gracias a las observaciones de Flores Oviedo en 1514 en la crónica de la conquista del Darién y de Juan Francisco Molina Solís en 1527, en la crónica del descubrimiento y conquista de Yucatán. En estos documentos se narra que fueron víctimas de “una gran plaga de murciélagos que atacaron no solamente a las bestias de carga, sino a los hombres mismos, chupándoles la sangre mientras dormían”. Mientras que Pedro Martín de Anglería escribió poco después del descubrimiento de América, que en el istmo de Darién los murciélagos chupadores de sangre eran de tal modo abundantes que mordían a los hombres cuando dormían, a tal grado que les causaban la muerte (Romero y Almaraz, 2004), aquí empiezan a observar el impacto mortal que tenía en las personas, por lo que se llega a la conclusión de que la enfermedad podía ser transmitida del murciélago al humano.

Los cambios productivos en las actividades agrícolas y pecuarias han provocado una alteración de los ecosistemas del mundo, ocasionando la deforestación de zonas tropicales y subtropicales y causando la migración del murciélago hematófago, lo que ha tenido como consecuencia un incremento el número de casos de rabia en especies ganaderas, ya que los murciélagos hematófagos (*D. rotundus*), comúnmente llamados vampiros, se están adaptando a altitudes y climas que hace algunas décadas eran consideradas como barreras naturales (Jiménez, 2006). Aguilar(1996), Flores (1991) y Romero y Aguilar (2006) establecieron que los vampiros son característicos de zonas tropicales y

subtropicales y que las altitudes máximas donde habitan no rebasan los 1500 metros sobre el nivel del mar (msnm). Sin embargo, la alteración del ambiente de forma global ha inducido a que estos quirópteros hematófagos paulatinamente se estén adaptando a condiciones que se pensaban adversas para ellos (Jiménez, 2006). El vampiro común ocupa una gran variedad de hábitats, en su mayor parte zonas alteradas, ya que tiene un radio de acción de 15 km aproximadamente y pueden emigrar según la situación ambiental y ecológica. Sus movimientos dependen de la disposición de los recursos, lo que demuestra que son oportunistas muy adaptables y que aprovechan los cambios ocasionados por el ser humano en los ambientes naturales. Se ha encontrado de manera extraordinaria en montañas de hasta 3,000 msnm, aunque por lo general se encuentran por debajo de los 1500 msnm (Aguilar, 1996). En los últimos dos años en México, los reportes de casos de rabia transmitida por murciélagos hematófagos realizados por investigadores de la SAGARPA-SENASICA, establecen que 93% de los casos reportados en bovinos se presentaron en regiones por debajo de los 1500 msnm, mientras que 7% de estos ya rebasaban esa altitud.

2.2. El agente etiológico.

Se considera que los virus de la rabia en murciélagos son los ancestros de todos los virus de rabia relacionados con animales terrestres (Loza et al., 1999). Se trata de un *Lyssavirus* neurotrópico de la familia *Rabdoviridae* (virus RNA, en forma de bala 75 x 180 nm de tamaño), altamente susceptible a los desinfectantes comunes y a las condiciones ambientales. Este virus se ha clasificado en 8 genotipos, donde numerosas especies de mamíferos silvestres resultan susceptibles a las diferentes variables antigénicas del mismo (Cuadro 1).

Cuadro 1: Variantes antigénicas del virus de la rabia descritas en especies silvestres

| ESPECIE | VARIANTE ANTIGÉNICA | | |
|--|---------------------|-----|-----|
| Zorrillo (<i>Mephitis mesoleucus</i>) | V8 | | |
| Zorrillo (<i>Spilogale leputorius leucoparia</i>) | V8 | V10 | |
| Zorrillo (<i>Conepatus mesoleucus</i>) | V8 | | |
| Murciélago Insectívoro (<i>Tadarida brasiliensis mexicana</i>) | V4 | V9 | |
| Murciélago Insectívoro (<i>Lasiurus cinereus</i>) | V6 | | |
| Murciélago Hematófago (<i>Desmodus rotundus</i>) | V3 | V5 | V11 |

Fuente: Comité de fomento y protección pecuaria del Estado de Morelos

Los *Rhabdovirus* (del griego *rhabdo*, que significa bastón) son virus frágiles, inactivados por el calor y los rayos ultravioletas, la desecación, los solventes orgánicos y la tripsina. Son bastante estables a pH de entre 5 y 10 (Paredes, 2007). Estos virus tienen forma de bala: un cilindro con un extremo redondeado y el otro extremo aplanado (Wunner et al., 1988), tienen una molécula de ARN negativo de una sola hebra, con una longitud aproximada de 12,000 nucleótidos (Gaudin et al., 1991). Existen también diferentes tipos de *Lyssavirus*: el *Lyssavirus* 1 del murciélago europeo (humano y murciélagos), el *Lyssavirus* 2 del murciélago europeo (humano y murciélagos), el *Lyssavirus* del murciélago australiano (murciélagos y humanos), el Lagos bat (murciélagos), el Mokola (humanos, caninos, gatos), el Duvenhage (humanos y murciélagos), el Obodhiang (mosquitos) y el Kotonkan (mosquitos) (Hidalgo, 2005). Su genoma codifica para las cinco proteínas estructurales que conforman el virus (Almaraz et al., 2006). El genotipo 1 corresponde al virus de la rabia clásica propiamente dicha, que incluye a las cepas de referencia de laboratorio, a las cepas vacúnales, así como a los virus aislados de animales rabiosos silvestres o domésticos en todo el mundo. En el continente americano, los murciélagos son los huéspedes del genotipo 1 y de esta manera se encuentran involucrados en la transmisión de la rabia al ser humano y a los animales domésticos (Loza et al., 2000). Los *Lyssavirus* del genotipo 2 a 6 son virus relacionados con el virus de la

rabia clásica que se han aislado solo en el viejo mundo (África y Europa). Hasta el presente, se han establecido 11 variantes antigénicas del virus rábico para el continente americano, cada una de las cuales define a una especie animal reservorio (Hidalgo, 2006) (Cuadro2).

Cuadro 2. Variantes antigénicas de virus rábico obtenidas con anticuerpos monoclonales

| CEPA | ANTICUERPOS MONOCLONALES | | | | | | | | |
|---------------------------|--------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| | C1 | C4 | C9 | C10 | C12 | C15 | C18 | C19 | VARIANTE |
| CVS/ERA-SAD/PAST | + | + | + | + | + | + | + | + | Lab |
| Perro/mangosta | + | + | + | + | + | + | - | + | 1 |
| Perro | + | + | - | + | + | + | - | + | 2 |
| Vampiro | - | + | + | + | + | - | - | + | 3 |
| <i>Taradibrasiliensis</i> | - | + | + | + | + | - | - | - | 4 |
| Vampiro | - | + | v | + | + | v | - | v | 5 |
| <i>Lasiuruscinereus</i> | V | + | + | + | + | - | - | - | 6 |
| Zorro de Arizona | + | + | + | - | + | + | - | + | 7 |
| Zorrillo centro/Sur | - | + | + | + | + | + | + | + | 8 |
| <i>Tadaridabr. Mex.</i> | + | + | + | + | + | - | - | - | 9 |
| Baja C zorrillo | + | + | + | + | - | + | - | + | 10 |
| Vampiro | - | + | + | + | - | - | - | + | 11 |

Fuente: Clasificación de Mattos y de Mattos, 1989

V: variable.

2.3. Patogenia

El establecimiento de una infección por rabia depende de dónde se haya inoculado el virus, en infecciones naturales se debe a la mordedura de un animal rabioso. Sin embargo, también puede haber infección a través del contacto con la saliva, tejido nervioso, heridas abiertas o mediante membranas mucosas de los ojos, nariz o boca (Romero y Almaraz, 2004). Una vez dentro del organismo, el virus se multiplica en el músculo o tejido conjuntivo y se propaga hacia el nervio periférico a través del endoneurio de las células de Schwann o espacios tisulares asociados de los nervios sensitivos hasta el sistema nervioso central, llegando así al cerebro (Aguilar et al., 2006). El virus es inoculado en la herida con la saliva infectante,

persiste en el sitio de inoculación de 4 a 96 horas y después viaja por troncos nerviosos hasta llegar a los ganglios espinales que proporcionan inervación al sitio inoculado, en donde el virus se multiplica. Después invade el sistema nervioso central, lo que ocurre a través de los axones de los nervios periféricos y el mecanismo de transporte es retrogrado axoplásmico en un rango de 8 a 20 mm al día. Según Tsiang (1992) y Warrell et al. (1995), descubrieron que el virus transportado desde los nervios periféricos es de 3 mm/ h, desde ahí la infección se generaliza hacia otros órganos, incluyendo las glándulas salivales. Al final aparecen los signos clínicos y la muerte (Hernández, 1978). La infección avanza alrededor de 2 mm por hora y al llegar al cerebro se distribuye en forma centrífuga hacia nervios periféricos y glándulas, como las glándulas salivales o las suprarrenales. Los signos o síntomas se desarrollan por lo general entre los 10 y los 90 días, pero en casos excepcionales la enfermedad se ha manifestado meses después de que la persona tuvo contacto con el animal infectado. La muerte ocurre luego de 2 a 12 días de manifestarse los primeros síntomas. La propagación del virus se produce entre el 50-90% en los animales, dependiendo de la especie hospedera, la cepa infectante y la cantidad de virus que se encuentran en la saliva.

Antes de que aparezcan los primeros signos clínicos el virus se puede transmitir, los gatos excretan el virus durante 1 a 5 días antes de que los signos aparezcan, el ganado en 1 a 2 días, en los zorrillos en un máximo de 14 días y murciélagos durante 2 semanas. La propagación del virus en los perros se suele decir que se limita de 1 a 5 días antes de la aparición de signos clínicos; sin embargo, en algunos estudios experimentales (el uso de virus de origen mexicano o de Etiopía), el virus estaba presente en la saliva hasta por 13 días antes de los primeros signos clínicos. Los portadores asintomáticos son muy raros entre los animales domésticos (Suárez, 2000).

2.4. El vector.

Los murciélagos vampiro son mamíferos hematófagos que suelen utilizar variadas fuentes de alimento como el ganado bovino, animales de corral, animales

domésticos y en casos extremos, humanos (Enríquez, 2010). Existe controversia respecto a si los murciélagos pueden ser portadores asintomáticos del virus de la rabia o no (Hunt, 2008). Pawan (1939) propuso que el vampiro común no solo excretaba el virus de la rabia durante el curso de la infección, sino que, contrario a lo que sucede con otros animales que la transmiten en ocasiones pueden recuperarse y excretar el virus por la saliva durante meses (Almaraz y Setién, 2006).

La presencia de los murciélagos vampiros representa un grave problema en salud pública y sanidad animal. Las obras hechas por el hombre como minas, pozos, túneles, alcantarillas y edificios, ofrecen otros refugios a los vampiros, aparte de los naturales (cuevas y árboles). Los murciélagos son fácilmente adaptables, especialmente el *D. rotundus* y se ha beneficiado de estos cambios, por lo que su población ha aumentado hasta alcanzar proporciones de plaga. El murciélago vampiro utiliza refugios en ubicaciones naturales como cuevas pequeñas moderadamente iluminadas, cuevas profundas con grietas angostas y agujeros en árboles (Greenhall et al.,1983), aunque también puede utilizar edificaciones humanas. Sus colonias son relativamente pequeñas en comparación con las de otras especies y pueden variar de 20 a 100 individuos (Greenhall et al.,1983). Los murciélagos vampiros generalmente se ubican en la entrada de las cuevas y son los primeros en huir al ser estas perturbadas, afectando principalmente al resto de especies (Aguirre et al; 2008). La problemática de la transmisión del virus de la rabia a través del murciélago hematófago es por los hábitos alimenticios propios de esta especie (*D. rotundus*), dado que para alimentarse tienen la necesidad de morder a sus víctimas. De 1982 a 2003 los casos en humanos se redujeron de 355 a 35 y en los caninos de 15,686 a 1,331 casos. En más del 80% de los casos la fuente de infección reportada fue el perro y en segundo lugar el murciélago. Debido a las grandes pérdidas económicas a consecuencia de la transmisión del virus de la rabia al ganado, por más de 50 años ha existido una lucha constante para tratar de controlar las poblaciones del vampiro.

2.5. Control de murciélago hematófago

Los murciélagos han sido objeto de actividades de control, muchas veces de forma indiscriminada (Mayen, 2003). Dos ejemplos son: el primer programa extensivo de control iniciado por el Instituto Nacional de Investigación del Ganado de México en 1968, que propició la eliminación de una gran cantidad de murciélagos y el caso de Brasil en la década de 1960, donde más de 8,000 cuevas con murciélagos fueron dinamitadas por granjeros (Mayen, 2003). Actualmente en las áreas rurales de la región, cuando no hay supervisión adecuada, siguen utilizándose técnicas inapropiadas para contrarrestar el problema, poniendo en peligro colonias importantes de murciélagos inofensivos.

En general, los métodos de control empírico son sumamente agresivos contra los murciélagos benéficos y, peor aún, estos métodos han favorecido el desplazamiento de los vampiros hacia otros refugios y su establecimiento en otros lugares donde antes no existían, con lo cual el virus de la rabia también se ha dispersado (Almaraz y Sítien, 2006). El primer proyecto de investigación establecido para desarrollar tecnología efectiva para el control del vampiro lo implementó el gobierno de México a través del Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, con la participación del Departamento de Pesca, Caza y Fauna Silvestre del gobierno de los Estados Unidos de América y con financiamiento parcial de la Agencia para el Desarrollo Internacional. En 1970, la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), en coordinación con la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), implementó una campaña específica para rabia parálitica bovina, como respuesta a los brotes de la enfermedad en algunos de los estados de la República Mexicana (Almaraz y Setién, 2006).

Se conocen dos formas para el control del murciélago hematófago: uso de vampiricida de manera tópica en la herida del animal mordido por el vampiro o en el propio murciélago y el tratamiento sistémico al bovino. El tratamiento tópico se trata del uso de vampiricida. Esta técnica aprovecha la conducta de limpieza y social de los vampiros. Cuando se atrapa a un vampiro, se le aplica sobre el dorso un poco de

vampiricida, posteriormente se le libera para que regrese a su refugio. Así, otros miembros de la colonia limpian e ingieren la pomada con el anticoagulante, lo que usualmente los mata en 7 y 10 días después de la ingestión (Flores, 1991). La ventaja de esta técnica es que elimina la necesidad de localizar los refugios, lo que puede ser más difícil, peligroso y tardado. El anticoagulante usado en principio fue la clorofacinona (DL_{50} 3.06 mg/0.911 mg/kg) y en la actualidad se utiliza warfarina (DL_{50} 0.91 mg/kg) (Almaraz y Setién, 2005).

En la mordida del animal, la pomada con el anticoagulante se coloca al atardecer sobre y alrededor de la herida dejada por la mordedura reciente de un vampiro, para que cuando regrese el murciélago y se alimente de la misma víctima en la misma herida se envenene al lamer la pomada. Este método se recomienda a los ganaderos que tienen pocas cabezas de ganado (Flores, 1991) y lo debe de realizar personal capacitado en la identificación, manejo y control de vampiros. Para este método se confina a varias reses en un corral y se espera varias noches para que los murciélagos vampiros lo encuentren y se alimenten de las reses; entonces se colocan redes finas de nailon alrededor del corral. Los vampiros que se enreden se liberan, cuidando de protegerse las manos con guantes y se colocan en jaulas o sacos de manta. A los vampiros capturados se les aplica alrededor de 1g de vampiricida sobre el dorso y se liberan para que regresen a su refugio y la pomada sea ingerida por otros miembros de la colonia. Esta técnica resulta útil para los ganaderos que poseen mayor número de cabezas de ganado (Álvarez, 2011).

El tratamiento sistémico inyectable es un método de control específico para el murciélago vampiro, se trata del uso de un anticoagulante inyectable vía intraruminal o intramuscular (Álvarez, 2011), con una dosis de 1 ml de anticoagulante por cada 20 kg de peso (Almaraz et al ; 2006), es preferible aplicar a todos los animales. Esto con el fin de que los bovinos después de 4 días post tratamiento alcancen una concentración de warfarina en la sangre suficiente para matar al 50% de los vampiros que se alimenten de la sangre de los animales tratados, eliminando casi por completo a las colonias de vampiros cercanas cuando se aplica de manera correcta y reiterada. La desventaja es que implica un alto costo del producto y una

escasa o baja protección para el ganado a corto y largo plazo contra la rabia. Se tiene conocimiento, por las complejas relaciones sociales de esta especie, que varios individuos pueden alimentarse de una sola víctima, incluso de la misma herida (Greenhall et al., 1971), de tal forma que su abundancia no puede fácilmente ser correlacionada con la frecuencia e intensidad de las agresiones en el ganado (Kraker et al., 2012).

2.6. Impacto de las condiciones ambientales sobre la transmisión de la rabia paralítica bovina a causa del murciélago hematófago (*D. rotundus*).

La Historia nos muestra cómo la difusión de las enfermedades en una u otra zona y especie, depende de muchos factores, tales como el desarrollo socioeconómico, los conocimientos para la lucha contra ellas, la existencia de vacunas, las formas de explotación de las distintas especies ganaderas, la densidad de poblaciones humanas y animales, los hábitos culturales y alimenticios, los conflictos bélicos e incluso las costumbres religiosas. Cada vez con más frecuencia aparecen noticias en que se atribuye al cambio climático cualquier modificación biológica detectada en los últimos años, no como meras hipótesis, sino como hechos ciertos que a su vez demuestran la existencia del calentamiento global (Sánchez, 2007). Los cambios ambientales pueden inducir la difusión de las enfermedades de carácter viral, bacteriano, parasitarias, etc., en lugares donde antes no se habían presentado, dado que cambios en el clima origina que el medio ambiente se vea afectado y con ello todas sus poblaciones.

La introducción de ganado y la alteración del medio ambiente son factores que han contribuido en el aumento de casos de rabia. Conforme ha pasado el tiempo, la progresiva alteración del ambiente ha favorecido la extensión de la rabia año tras año y se presentan nuevos casos en zonas y estados donde antes no había evidencia de ella. La erradicación de la rabia también se ha complicado, es por esta razón que se empiezan a plantear otro tipo de hipótesis que consideran otras variables, la cobertura de vacunación, la densidad de las poblacionales de la fauna silvestre, en específico la del murciélago hematófago, cambios climáticos, alteraciones en el

ecosistema, adelantos tecnológicos en las actividades agropecuarias, cambios de producción en campo, entre otras. Ante todas estas variables se han ejecutado diversos planes estratégicos en las campañas zoonosanitarias de cada país. Esto nos habla de que los murciélagos hematófagos son realmente capaces de vivir y colonizar lugares en donde se creía que las barreras naturales eran suficientes para limitar su presencia; sin embargo, queda claro que los murciélagos pueden encontrarse a más de los 1,500 msnm (Almaraz y Setién, 2006).

Existen ya algunas revisiones bibliográficas en donde se afirma que el cambio de actividad productiva o bien la búsqueda de minas y reconstrucción de ellas, están alterando los ecosistemas y con ello los nichos del murciélago hematófago. Harvell et al., (2002), mencionan que el calentamiento ocurrido durante décadas recientes ha causado variaciones en la distribución de los vectores y que las tasas de reproducción, el crecimiento de la población y alimentación de los vectores aumentan con incrementos en la temperatura. La presencia del virus de la rabia en el vampiro común se debe principalmente a la interacción entre individuos de una colonia infectada, con aquellos de otra colonia no infectada o susceptible y cuyos límites territoriales se sobreponen de modo parcial con la primera. Bajo esta perspectiva, Lord (1988) sugiere que los brotes de rabia causados por murciélagos hematófagos pueden avanzar de 5 a 10 km al año y, más aún, que la dirección de avance depende directamente de la densidad de las poblaciones de vampiros circundantes. La topografía del lugar es otro elemento importante para el avance del virus (Arellano, 2006). La predilección del vampiro común por la sangre de animales domésticos, explica la alta correlación que existe entre la distribución de las poblaciones de vampiros y la del ganado en zonas tropicales.

2.7. Epidemiología

En el año de 1990, con el inicio de las Semanas Nacionales de Vacunación Antirrábica Canina, se observó una tendencia descendente del padecimiento, de 69 casos notificados en humanos en ese año a 4 casos en el 2000. De acuerdo a la Secretaría de Salud se establece que del total de casos registrados en la década

citada, la fuente principal de infección fue el perro, en el 87.3% de los casos, el 16% el quiróptero y el resto otros animales silvestres. En 1998, la situación epidemiológica de la rabia humana por primera vez en la historia moderna de este padecimiento en México toma un giro significativo, debido a que ocurren más casos de rabia humana transmitida por fauna silvestre (53.3%) que por perro (46.7%) (Domínguez, 2004). Hasta el año 2006 se tienen documentados 637 casos de humanos víctimas mortales de rabia humana transmitida por el murciélago vampiro en América Latina (Schneider et al., 2009).

En México, en el transcurso de la década de 2000 – 2009, los logros del control de la rabia humana transmitida por perro han sido importantes, ya que solo dos entidades federativas registraron 4 de casos, en contraste, se registraron 31 casos de casos de rabia humana transmitidos principalmente por fauna silvestre; de estos, 20 fueron ocasionados por agresión de murciélago (Secretaría de Salud, 2011). En México, la rabia parálitica bovina es enzoótica, su distribución va desde el sur de Sonora por toda la costa del Pacífico, hasta Chiapas. Por el Golfo de México va del sur de Tamaulipas hasta la península de Yucatán (Unión Ganadera de Jalisco, 2009). Los casos reportados positivos de RPB están correlacionados con la distribución geográfica de la población de murciélago hematófago (SAGARPA, 2009). Todas las especies pueden transmitir el virus a los seres humanos y otros animales, pero la eficiencia de transmisión varía con la especie hospedadora y el tipo de presentación de la rabia. Los animales con la presentación furiosa son más propensos a difundir la enfermedad que los animales con la forma parálitica. Los carnívoros también son vectores más eficientes a diferencia de los herbívoros, incluso la transmisión herbívoro a herbívoro es poco común. Los murciélagos insectívoros están implicados en la mayoría de los casos humanos recientes en los Estados Unidos de Norteamérica (Sipove, 2009).

2.7.1. La rabia urbana

El perro es el principal vector en este tipo de rabia, se transmite de perro a perro y del perro al hombre y animales domésticos por mordeduras. Este tipo de rabia se presenta en áreas urbanas, aunque esporádicamente se ha presentado en áreas rurales y consiste en la presencia del virus en la especie canina y felina. La gran densidad de perros y su alta tasa de reproducción anual son factores importantes en las epizootias de rabia canina en América Latina. Los gatos siguen a los perros en el número de casos comprobados de rabia, considerándose como especies infectadas accidentalmente (Paredes, 2007).

2.7.2. La rabia silvestre

La rabia silvestre se mantiene en la naturaleza en forma similar a la urbana. En los animales de vida silvestre se tiene la especulación de que la vía de transmisión oral podría tener un papel importante en la diseminación e infección entre fauna silvestre (Sipove, 2009). Dentro de un determinado ecosistema, una o dos especies de mamíferos, en especial carnívoros y quirópteros se encargan de perpetuarla (Manual Managua, 1996). La transmisión se da cuando el animal infectado presenta una fase furiosa en donde se da lugar a una mordedura a un animal sano o bien al hombre. En este ciclo se considera como principal vector al murciélago hematófago y al bovino como la especie más susceptible a mordeduras debido a que los hatos se encuentran en áreas rurales, el murciélago se puede también alimentar de otras especies animales domésticas e incluso del hombre.

2.7.3. Reportes de casos de rabia

En México la Rabia paralítica bovina en el año de 1970 se confirma por medio del diagnóstico de laboratorio en siete estados: Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca, en la zona del océano Pacífico y Yucatán (Calderón, 1997). En esa misma década, también se reportan casos en un área localizada entre los estados de Tamaulipas, Veracruz y Tabasco en el Golfo de México y otra en el

Estado de Quintana Roo. Cabe mencionar que estas áreas estaban libres de rabia, sin embargo, representaban alrededor de 38 y 40% del área ocupada por el vampiro común en el país. Para 1997 la Rabia paralítica bovina se ha diagnosticado en 23 entidades federativas (Calderón, 1997). En México se han notificado focos de rabia paralítica en animales productivos en 24 estados de la República, desde el Sur de Sonora por toda la costa del Pacífico hasta Chiapas y desde el Sur de Tamaulipas hasta la Península de Yucatán.

Hasta antes del 2005 Querétaro era considerado como Estado de riesgo de rabia paralítica en bovinos por la alta población de vampiros y la colindancia con los Estados de Guanajuato, San Luis Potosí y Michoacán, donde el reporte de casos era frecuente. Debido a esto, en la Sierra Gorda del Estado se mantenían programas de control con 21 mil dosis de vacuna anual; sin embargo, en el año 2011, debido a la presencia de casos de rabia paralítica confirmados por laboratorio, incrementó la cobertura de vacunación a 45 mil dosis.

La rabia es una zoonosis y los casos en los humanos son un reflejo de la distribución local o regional en las diversas especies de mamíferos y del grado de exposición frente a los animales infectados. Existen amplias zonas del país que son libres naturales de la RPB debido a que las condiciones ambientales y orográficas no permiten la presencia del murciélago, ya que del total de 2,455 municipios del país, se han reportado problemas de RPB solo en 455, lo que representa el 18.5% de municipios afectados y donde las condiciones favorecen la presencia del vampiro (Evaluación alianza para el campo, 2006). La presencia del virus de la rabia en el vampiro común se debe principalmente a la interacción entre individuos de una colonia infectada, con aquellos de otra colonia no infectada o susceptible y cuyos límites territoriales se sobreponen de modo parcial con la primera. La topografía del lugar es otro elemento importante para el avance del virus (Arellano, 1991). Durante el periodo 2000 – 2006, la rabia silvestre se consideraba la principal responsable de los casos de rabia tanto en humanos como en animales (Figura1). En el período se presentaron 27 casos de rabia humana transmitida por fauna silvestre; de éstos, 14 casos (60%) fueron ocasionados por agresión de murciélago, principalmente en

población rural que reside cerca de nichos ecológicos donde prolifera este tipo de fauna (Programa de acción específico 2007 -2012, Rabia y otras Zoonosis).

En ese mismo periodo se detectan 1,875 focos de RPB en bovinos con 17 estados afectados, registrándose así 694 municipios con la enfermedad y 217 municipios con reporte de casos nuevos (Jiménez, 2006). Se ha comprobado que los vampiros, por diversos motivos, pueden realizar desplazamientos geográficos considerables dentro de su propia área de influencia. Los desplazamientos del ganado bovino hacia lugares más propicios para el pastoreo ocasionan que los murciélagos hematófagos sigan a su fuente de alimento (Flores, 1971). Se debe tener en cuenta que la presencia de casos puede deberse a: la falta de cobertura de vacunación, un incremento en la población del murciélago hematófago, cambios productivos o bien reapertura de cuevas y las alteraciones o daños ambientales que puedan originar un cambio climático en la región.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), asume que es probable que el cambio climático lleve aparejado como una de sus principales consecuencias, cambios en los modelos de transmisión de las enfermedades infecciosas. De acuerdo al Sistema nacional de Vigilancia Epidemiológica, durante el año 2011, en la República Mexicana se han presentado 591 casos. La emergencia de esta enfermedad plantea una apertura de un panorama con enfoque ambiental, pues mucho se dice, que un factor que predispone la presencia de casos de rabia en humanos como en animales domésticos, es la alteración de los ecosistemas, generando que el murciélago vampiro abandone sus nichos en busca de condiciones óptimas para su reproducción, modificando patrones ecológicos por la gran adaptabilidad que poseen ante cambios en el ambiente adversos para ellos, pues sigue su fuente de alimento.

2.8. Diagnóstico

En muchas partes del mundo se sigue diagnosticando la rabia sobre la base de los signos y síntomas clínicos, por lo que se debe de tomar en cuenta la historia clínica del animal (Sajara, 2002). Sin embargo, el diagnóstico clínico de la rabia en los animales es a veces difícil y pueden darse casos en que animales rabiosos son considerados no infectados (SAGARPA, 2002). La confirmación de la enfermedad por el laboratorio es fundamental para dar inicio a todo un proceso de campaña. Existen varios métodos para efectuar el diagnóstico de la enfermedad, la historia clínica, las lesiones a la necropsia y las pruebas de laboratorio. El diagnóstico histopatológico se basa en el reconocimiento de los corpúsculos de Negri en el encéfalo, cuya presencia continúa considerándose la lesión patognomónica de la rabia (Lepine, 1973). En ocasiones el cerebro infectado con el virus muestra atrofia severa del sistema nervioso central, generalizada hacia los lóbulos y nervios craneales, atrofia del neocerebelo y paleocerebelo; así como adelgazamiento de los filetes nerviosos, con la pérdida del núcleo dentado, del cerebelo. Con las cepas del derriengue hay degeneración de las células de purkinje (Lepine, 1973), en los bovinos el virus tiene preferencia por el tallo encefálico y el cerebelo.

Las lesiones se limitan al tejido nervioso y se caracterizan por una encefalomiелitis no supurativa con gangleuritis, infiltración linfocítica perivascular y presencia de cuerpos de inclusión intracitoplasmáticos (Sánchez *et al.*, 1990). La prueba preferida es la de inmunofluorescencia directa (IFD) en tejido cerebral, que resulta rápida, muy sensible y específica. Sin embargo, puede arrojar resultados falsos negativos en casos de autólisis avanzada (Sajara, 2002). Esta técnica puede usarse mientras el animal rabioso este aun con vida, para este fin se utilizan impresiones corneales, raspado de mucosa lingual, tejido bulbar de folículos pilosos y cortes cutáneos congelados. En estas condiciones la sensibilidad de la prueba es limitada y se confirma el diagnóstico cuando resulta positiva, pero ante un resultado negativo no se puede excluir la posibilidad de la infección (Acha, *et al.*, 1986). (Hidalgo, 2006), comenta en un estudio de caracterización antigénica de cepas de

virus rábico, que el diagnóstico se amplifica cuando después de realizar la prueba de inmunofluorescencia directa, el virus es detectado mediante la inoculación por vía intracraneal de la suspensión viral en ratones lactantes para realizar la recolecta de animales que presenten síntomas nerviosos como incoordinación, temblores y parálisis después de 21 días. Así, se puede usar la prueba de inmunifluorescencia indirecta empleando un panel de 8 Anticuerpos Monoclonales (AcM) para la caracterización del virus rábico.

Actualmente se está utilizando la técnica de AcM para conocer mejor las características epidemiológicas de la rabia, al demostrar la variabilidad antigénica del virus en diversas regiones del mundo. La caracterización antigénica del virus rábico, mediante el uso de anticuerpos monoclonales dirigidos contra determinantes antigénicos de la nucleocápside viral permite ubicar la distribución geográfica y temporal de las cepas virales y determinar la interrelación que se establece entre las especies que actúan como reservorio o transmisores de la enfermedad en la naturaleza. Este conocimiento es determinante en las actividades de vigilancia, prevención y control de la enfermedad, orientando planes de vacunación del ganado y las mascotas, así como las jornadas de captura, clasificación y control del as poblaciones de murciélagos vampiros (Hidalgo, 2006).

2.8.1. Diagnóstico diferencial

Varias enfermedades se caracterizan por alteración de la conducta, parálisis o una combinación de ambas, es necesario diferenciar la rabia de las siguientes enfermedades que afectan a menudo al sistema nervioso según la especie (Booldy Radostist, 2001): Hipomagnesemia, acetonemia, poliencfalomalacia, pseudorabia, afecciones del aparato locomotor, presencia de cuerpos extraños en esófago o cavidad oral y otros padecimientos del sistema nervioso central (Torres et al., 1995), intoxicación por plomo, intoxicación por plantas, intoxicación por garrapaticidas, babesiosis, leptospirosis, hemofilosis, listeriosis y pseudorabia.

2.9. Prevención

En los animales domésticos la vacunación debe ser preventiva, es decir, se les vacuna cada año, como es el caso de los bovinos a partir de los tres meses de edad y se encuentran en áreas donde la rabia es endémica (Sánchez, 2004). El control de las poblaciones y la vacunación parenteral y oral de reservorios silvestres y domésticos es hasta ahora el mejor tipo de prevención, así como los programas efectivos de difusión para la salud (Velasco, 2012).

2.9.1. Vacunas

La vacuna que Pasteur ideó consistía en suspensiones de tejido nervioso (medula espinal) de conejos infectados con rabia (Almaraz y Setién, 2006). Después de ésta surgieron vacunas similares en las que se utilizaba el tejido nervioso de conejos, cabritos o borregos, conocidas como vacunas tipo Sempe, las cuales resultaron efectivas, sin embargo, tenían problemas graves pues al inocular el virus vacunal se inoculaba gran cantidad de impurezas, principalmente la mielina, que al ser inyectada con la vacuna podía inducir la formación de anticuerpos con la capacidad de atacar la propia mielina del individuo vacunado, desencadenando trastornos neurológicos graves (Almaraz y Setién, 2006). Dicha contaminación de las vacunas con mielina, se resolvió con las vacunas tipo Fuenzalida, lo cual significó un gran avance al reducir la contaminación por mielina pero aun contenían gran cantidad de otras proteínas que inducían reacciones de hipersensibilidad (Almaraz y Setién, 2006). Les siguieron las vacunas avianizadas, cultivadas en huevos de aves embrionados, que disminuyeron las proteínas contaminantes y aumentaron el virus vacunal, de modo paralelo al surgimiento de las vacunas con virus atenuados, restringiendo su uso a medicina veterinaria por la imposibilidad de probar su inocuidad al ser humano.

Hoy en día se cuenta con vacunas inactivadas (virus muerto) y vacunas atenuadas (virus vivo), para uso veterinario, donde las vacunas vivas son más eficientes que las vacunas inactivadas, amén de que el virus atenuado podría recuperar su virulencia y provocar la enfermedad en individuos sanos. Aunado a

esto, las vacunas atenuadas son poco estables y el calor y el tiempo pueden modificar al virus volviéndolas muy poco confiables. Por su parte las vacunas de virus muerto son menos potentes pero más seguras y estables. Al ganado se le puede vacunar a partir de los 3 meses de edad. El método de prevención para el control de la rabia paralítica bovina es la vacunación del ganado en riesgo, con vacunas efectivas que confieran por lo menos 1.0 UI. de protección según los requisitos nacionales (NOM-035-ZOO-1986) e internacionales. A veces no se vacuna cada año y, en ocasiones, se pretende vacunar al momento en el que surge el brote. Esta práctica resulta poco eficaz, ya que la vacunación solo actúa cuando los animales se han inmunizado con anterioridad. Inclusive se ha demostrado que la vacunación en un animal que incubaba el virus patógeno acelera el desarrollo de la enfermedad (Guarnera, 1991).

Cuadro 3. Cepas vacunales contra rabia paralítica en México (SAGARPA)

| Virus activo modificado | Virus inactivado | Laboratorios |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Cepa IB • Cepa SAD • Cepa ERA • Cepa ROXANE • Cepa Acatlan V-319 • Cepa RV 332 | <ul style="list-style-type: none"> • Cepa PV • Cepa Pitman Moore • Cepa Roxane | <ul style="list-style-type: none"> • Pfizer • Sanfer • Boehringer ingelheimen • Fortdodge animal healt • REVETMEX • PRONAVIVE • CHINOIN • GORTIE • LITTON |

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar el presente trabajo se utilizó información proporcionada por el Comité de Fomento y Protección Pecuaria del Estado de Querétaro, el Laboratorio de Patología Animal de Calamanda y la Dirección de Salud Animal de la Subdelegación de la SAGARPA en el estado de Querétaro. Dicha información incluyó reportes confirmados por análisis de laboratorio de casos de rabia parálitica bovina del 2005 al 2011, mapas de la ubicación espacial o georeferenciación de los casos y algunos documentos de las historias clínicas de dichos casos. Se utilizaron también anuarios estadísticos agropecuarios del estado de Querétaro para determinar densidad de población bovina e información de INEGI y CONAGUA sobre precipitación pluvial, humedad relativa, altura sobre el nivel del mar y temperatura media. Los casos de derriengue considerados incluyen a los municipios de Arroyo Seco, Jalpan de Serra, Landa de Matamoros y Pinal de Amoles en la Sierra Gorda, que se localiza en el noreste del estado de Querétaro, que cubre aproximadamente la tercera parte de éste y forma parte de la cordillera de la Sierra Madre Oriental que corre paralela a todo el Golfo de México (INEGI, 2001) y en los municipios de Peñamiller y Tolimán en el semidesierto de Querétaro.

Para elaborar los mapas de predicción de probabilidad de presentación de casos en el estado se utilizó el software Maxent v3.3 incluyendo en el análisis las variables:

BIO1= Temperatura promedio anual

BIO2 = Media Rango diurna (media mensual de (max temp - min temp))

BIO3 = Isotermalidad (BIO2/BIO7) (* 100) Estacionalidad

BIO4 = Temperatura (desviación estándar * 100)

BIO5 = Temperatura máxima del mes más caliente

BIO6 = Temperatura mínima del mes más frío

BIO7 = amplitud térmica anual (BIO5-BIO6)

BIO8 = temperatura media del trimestre más húmedo

BIO9 = temperatura media del trimestre más seco

BIO10 = temperatura media del trimestre más cálido

- BIO11 = temperatura media del trimestre más frío
- BIO12 = Precipitación anual
- BIO13 = precipitación del mes más lluvioso
- BIO14 = precipitación del mes más seco
- BIO15 = Precipitación Estacionalidad (Coeficiente de variación)
- BIO16 = Precipitación del trimestre más húmedo
- BIO17 = Precipitación del trimestre más seco
- BIO18 = Precipitación del cuarto más cálido
- BIO19 = Precipitación del trimestre más frío

Las características geográficas tomadas del Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, 2009, de estos municipios son:

- a) **Arroyo Seco:** Se localiza entre los paralelos 21° 17' y 21° 35' de latitud norte y los meridianos 99° 24' y 99° 48' de longitud oeste. Tiene una altitud entre los 400 y los 2,600 msnm. Colinda al norte con el estado de San Luis Potosí, al este con el estado de San Luis Potosí y el municipio de Jalpan de Serra, al sur con los municipios de Jalpan de Serra, Pinal de Amoles y con el estado de Guanajuato, al oeste con los estados de Guanajuato y San Luis Potosí. Ocupa el 6.2% de la superficie del estado.

Tiene un rango de temperatura de 16 a 24°C y cuenta con una precipitación de 600-900 mm anuales, su clima se clasifica como semicálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (78.4%), cálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (19.8%), semisecosemicálido (1.3%), templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (0.4%) y semiseco cálido (0.1%).

Las fuentes hidrológicas de este municipio incluyen a los ríos Pánuco (100%), Tamuín (100%), Santa María Bajo (99.8%) y río Verde (0.2%). Tiene también corrientes de agua perennes a Santa María, Jalpan, Ayutla y Las Lumbreras y corrientes de agua Intermitentes, Atarjea y La Rosa.

- b) **Jalpan de Serra:** Se localiza entre los paralelos 21° 41' y 21° 05' de latitud norte; los meridianos 99° 07' y 99° 33' de longitud oeste. Tiene una altitud entre 100 y 2 500 m. Colinda al norte con el estado de San Luis Potosí; al este con el estado de San Luis Potosí y el municipio de Landa de Matamoros; al sur con el municipio de Landa de Matamoros, el estado de Hidalgo, los municipios de San Joaquín y Pinal de Amoles; al oeste con los municipios de

Pinal de Amoles, Arroyo Seco y con el estado de San Luis Potosí. Ocupa el 10.1% de la superficie del estado.

Tiene un rango de temperatura de 12-26°C y cuenta con una precipitación 600-3100 mm. El clima se clasifica en semicálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (57.4%), semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano (8.9%), cálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (8.4%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (7.1%), templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (5.9%), cálido subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (5%), Templado húmedo con abundantes lluvias en verano (4.2%), semiseco cálido (3%) y semicálido subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (0.1%).

Las fuentes hidrológicas de este municipio incluyen los ríos: Pánuco (100%), Tamuín (96.4%), Moctezuma (3.6%), Santa María Bajo (65%), Drenaje Subterráneo (28.2%), Tamuín o Tampaón (3.2%), Moctezuma (1.8%), Extoráz (1.8%)

Tiene también corrientes de agua perennes a Santa María, Extoráz, Jalpan y Arroyo Grande. Cuenta con corrientes de agua Intermitentes cuerpo de agua perenne (0.1%): Jalpan.

- c) **Landa de Matamoros:** Se localiza entre los paralelos 21° 06' y 21° 28' de latitud norte; los meridianos 99° 02' y 99° 22' de longitud oeste; altitud entre 200 y 3 000 m. Colinda al norte con el municipio de Jalpan de Serra y el estado de San Luis Potosí; al este con los estados de San Luis Potosí e Hidalgo; al sur con el estado de Hidalgo y el municipio de Jalpan de Serra; al oeste con el municipio de Jalpan de Serra. Ocupa el 6.2% de la superficie del estado.

Tiene una temperatura de 12-24°C y una precipitación 600-1 300 mm, su clima se clasifica en semicálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (46.5%), templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (28.6%), semicálido, subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (8.6%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (7.9%), templado húmedo con abundantes lluvias en verano (5.6%), cálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (1.9%) y semiseco cálido (0.9%).

Las fuentes Hidrológicas de este municipio incluyen los ríos: Pánuco (100%), Tamuín (50.9%) y Moctezuma (49.1%), Moctezuma (33%), Santa María Bajo (26.4%), Axtla (16.1%). Tiene también corrientes de agua Perenne: Tanquilín y cuerpos de agua Intermitentes.

- d) **Pinal de Amoles:** Se localiza entre los paralelos 21° 22' y 20° 58' de latitud norte; los meridianos 99° 25' y 99° 43' de longitud oeste; altitud entre 600 y 3 100 m. Colinda al norte con los municipios de Arroyo Seco y Jalpan de Serra; al este con los municipios de Jalpan de

Serra y San Joaquín; al sur con los municipios de San Joaquín, Cadereyta de Montes y Peñamiller; al oeste con el municipio de Peñamiller y el estado de Guanajuato. Ocupa el 6.1% de la superficie del estado.

Tiene una temperatura de 12-24°C, con una precipitación 500-1100 mm. Sus climas se clasifican en semicálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (43.4%), templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (28.4%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (22.8), semiseco, semicálido (2.8%), templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (2%) y cálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (0.6%).

Las fuentes hidrológica de este municipio incluyen los ríos: Pánuco, Tamuín (54.1%), Moctezuma (45.9%), Santa María Bajo (54.1%), Extoráz (45.9%)

Tiene también corrientes de agua perennes; Extoráz, Acayo, El Real, Jalpan, Arroyo La Barranca, El Bosque y Las Lumberas como fuentes de agua intermitentes. (Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Pinal de Amoles, 2009).

- e) **Peñamiller:** Localizado entre los paralelos 20° 56' y 21° 15' de latitud norte; los meridianos 99° 39' y 100° 02' de longitud oeste; altitud entre 1 100 y los 3 100 m. Colinda al norte con el estado de Guanajuato y el municipio de Pinal de Amoles; al este con los municipios de Pinal de Amoles y Cadereyta de Montes; al sur con los municipios de Cadereyta de Montes y Tolimán; al oeste con el municipio de Tolimán y el estado de Guanajuato. Ocupa el 6.0% de la superficie del estado.

La temperatura es de 12-22°C, con una precipitación 400-1 100 mm. Sus climas se clasifican en semisecosemicálido (59.5%), seco semicálido (20.8%), semiseco templado (7.7%), templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (5%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (4.7%) y templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (2.3%). Hidrografía: Pánuco (100%)R. Moctezuma (86.1%) y R. Tamuín (13.9%) R. Extoráz (86.1%) y R. Santa María Bajo (13.9%) como fuentes de agua perennes: Extoráz, Victoria e Higuierillas, y las fuentes de agua Intermitentes: El Saucito y Encinos.

- f) **Tolimán:** Se localiza entre los paralelos 20° 45' y 21° 05' de latitud norte; los meridianos 99° 47' y 100° 06' de longitud oeste; altitud entre 1 300 y 2 800 m. Colinda al norte con el estado de Guanajuato y el municipio de Peñamiller; al este con los municipios de Peñamiller y Cadereyta de Montes; al sur con los municipios de Cadereyta de Montes, Ezequiel Montes y

Colón; al oeste con el municipio de Colón y el estado de Guanajuato. Ocupa el 5.8% de la superficie del estado.

Tiene una temperatura de 14-22°C y una precipitación pluvial de 400-700 mm. Sus climas se clasifican en seco semicálido (44.9%), semiseco templado (38.6%), semisecosemicálido (13.2%) y Templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (3.3%). Hidrografía: Pánuco (100%), R. Moctezuma (100%), R. Extoráz (99.8%) y R. San Juan (0.2%).

El análisis de la información fue de tipo descriptivo que se presenta en cuadros de frecuencia y gráficas. Las variables consideradas fueron: sexo (macho y hembras) y edad del animal afectado, época del año de presentación del caso (primavera, verano, otoño e invierno), altura sobre el nivel del mar (de acuerdo a los casos de rabia parálitica bovina presentados en municipios con altitudes menores a los 1,500 msnm y los mayores de los 1,500 msnm), del lugar donde se presentó el caso, población bovina por municipio afectado y precipitación pluvial y temperatura promedio anual de los municipios afectados. Los reportes de rabia parálitica en la zona se clasificaron, por fecha, localidad, municipio, número de casos de la enfermedad, edad, sexo y especie. Estos reportes fueron proporcionados por el Laboratorio de patología y el Comité de Fomento y Protección Pecuaria del Estado de Querétaro. Con el fin de evaluar factores ambientales, se colectó información sobre siniestros ocurridos en la zona de estudio. Así, una zona siniestrada fue aquella región que presentó incendios, actividades agrícolas o implementación de tecnología.

Para ver la relación entre la densidad de población de ganado y la presencia de casos de rabia, se consideró el inventario bovino contenido en los anuarios estadísticos. Con las variables de altitud, precipitación pluvial, temperatura, uso de suelo y tipo de vegetación y tipo de clima se generaron mapas epidemiológicos utilizando el programa ArcGis V9.3 y se usó el método Maxent V3.3 para explicar la variable de más importancia en la probabilidad de ocurrencia de casos de rabia.

IV: RESULTADOS

En las diferentes especies, en el estado de Querétaro, del 2005 al 2011 se presentaron 570 casos de rabia paralítica, de los cuales 44 ocurrieron en bovinos; otras especies afectadas fueron cabras y equinos. El promedio de casos por año fue de 6, con un rango de 1 caso en el 2006, 2009 y 2010 a 19 casos en el 2011 (Cuadro 4)

Cuadro 4. Frecuencia de casos de rabia paralítica en bovinos por año en 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro, 2005 a 2011

| Año | Casos | Porcentaje |
|-------|-------|------------|
| 2005 | 8 | 18 |
| 2006 | 1 | 2 |
| 2007 | 8 | 18 |
| 2008 | 6 | 14 |
| 2009 | 1 | 2 |
| 2010 | 1 | 2 |
| 2011 | 19 | 43 |
| Total | 44 | |

El 43% de los casos ocurrieron en el 2011, Jalpan de serra y Peñamiller fueron los municipios más afectados con el 48% (Cuadro 5). Durante el periodo 2005 – 2011 se observó un incremento en los casos de rabia paralitica en bovinos (Figura 1).

Cuadro 5. Casos de rabia parálitica bovina por municipio por año de 2005 a 2011 en el Estado de Querétaro

| Municipio | AÑOS | | | | | | | TOTAL | % |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|----|
| | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | | |
| Arroyo Seco | 0 | 0 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 6 | 14 |
| Jalpan | 5 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 10 | 23 |
| Landa de Matamoros | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 9 |
| Peñamiller | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 8 | 11 | 25 |
| Pinal de Amoles | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 4 | 6 | 14 |
| Tolimán | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 | 16 |
| TOTAL | | | | | | | | 44 | |

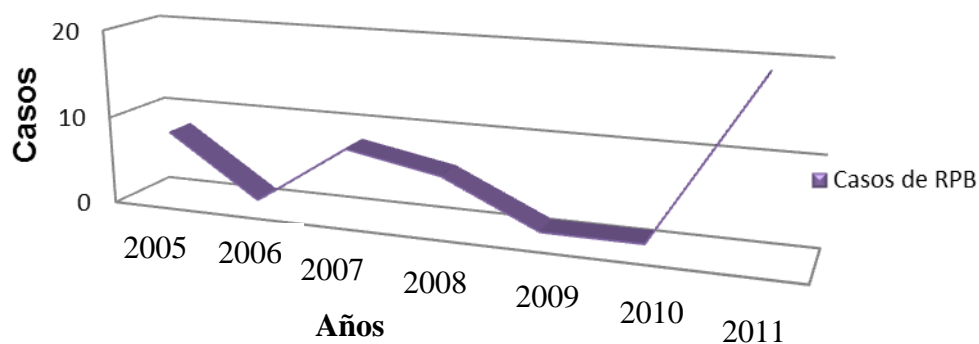


Figura 1: Casos de rabia parálitica bovina durante el periodo 2005 a 2011 en el Estado de Querétaro.

Considerando la altura de metros sobre el nivel del mar se encontró que el 50% de los casos ocurrieron en altitudes mayores a los 1500 msnm. (Cuadro 6).

Cuadro 6. Frecuencia de casos de rabia paralítica en bovinos de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar en 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro, 2005 a 2011.

| Altitud | Casos | Porcentaje |
|--------------|-------|------------|
| 501 - 750 | 2 | 4 |
| 751 - 1000 | 2 | 4 |
| 1001 - 1250 | 13 | 29 |
| 1251 - 1500 | 6 | 14 |
| 1501 - 1,750 | 11 | 25 |
| 1751 - 2000 | 4 | 9 |
| 2001 - 2251 | 6 | 14 |
| Total | 44 | 100 |

De acuerdo a la temperatura promedio anual, el 61% de los casos ocurrió a temperaturas de 18^oC a 22^oC (Cuadro 7).

Cuadro 7. Frecuencia de casos de rabia paralítica en bovinos de acuerdo a la temperatura anual de los 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro,

| Temperaturas anuales | Casos | Porcentaje |
|----------------------|-------|------------|
| 14.0 – 18.0 | 15 | 34 |
| 18.1 – 22.0 | 27 | 61 |
| 22.1 – 26.0 | 2 | 4 |
| Total | 44 | 100 |

De acuerdo a la precipitación pluvial el mayor número de casos ocurrió en lugares de 750 mm (37%) y entre 1,500 y 2,250 mm (43%) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Frecuencia de casos de rabia parálitica en bovinos de acuerdo a precipitación pluvial anual de los 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro, 2005 - 2011

| Precipitación | Casos | Porcentaje |
|---------------|-------|------------|
| 0 - 750 | 17 | 37 |
| 751 - 1500 | 7 | 16 |
| 1501 - 2250 | 19 | 43 |
| 2251 - 3000 | 1 | 2 |
| Total | 44 | 100 |

Considerando la época del año, casi el 60% de los casos se presentó en invierno (Cuadro 9). Respecto al uso de suelo y el tipo de vegetación se encontró que el mayor número de casos pertenece a un agro ecosistema de agricultura de temporal (36%), en tanto que el 21% de los casos se percibe en una vegetación de bosque encino perturbado (Cuadro 10).

Cuadro 9. Frecuencia de casos de rabia parálitica en bovinos de acuerdo a la estación del año en 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro 2005 - 2011

| Estaciones | Casos | Porcentaje |
|------------|-------|------------|
| Primavera | 9 | 20 |
| Verano | 3 | 7 |
| Otoño | 6 | 14 |
| Invierno | 26 | 59 |
| Total | 44 | 100 |

Cuadro 10. Frecuencia de casos de rabia parálítica en bovinos de acuerdo al uso de suelo y tipo de vegetación en 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro 2005 - 2011

| Uso de suelo y Vegetación | Casos | Porcentaje |
|--------------------------------|-------|------------|
| Sin dato | 1 | 2 |
| Pastizal inducido | 2 | 5 |
| Agricultura temporal | 16 | 36 |
| Bosque encino perturbado | 9 | 21 |
| Zona urbana | 3 | 7 |
| Matorral subinerme | 6 | 14 |
| Bosque de pino | 2 | 5 |
| Matorral crasicaule perturbado | 4 | 9 |
| Matorral inerme | 1 | 2 |
| Total | 44 | 100 |

En relación al clima regional, el Semicálido Subhúmedo fue el que presentó más casos en relación a otros (39%) y en el clima semiárido semicálido se presentó un 30% de casos (Cuadro 11).

Cuadro 11. Frecuencia de casos de rabia parálítica en bovinos de acuerdo al tipo de clima en 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro, 2005 - 2011.

| Tipo de clima | Casos | Porcentaje |
|------------------------------|-------|------------|
| Semicálido Subhúmedo grupo C | 17 | 39 |
| Cálido subhúmedo | 5 | 11 |
| Semicálido Húmedo grupo C | 7 | 16 |
| Árido Semicálido | 1 | 2 |
| Semiárido Semicálido | 13 | 30 |
| Templado Subhúmedo | 1 | 2 |
| Total | 44 | 100 |

El 39% de los casos se observó en regiones con un censo ganadero de 3,000- 9,000 cabezas de ganado bovino, mientras que el 11% se observó en un censo de 9,001- 12,000 cabezas de ganado bovino (Cuadro12).

Cuadro 12. Frecuencia de casos de rabia parálitica en bovinos de acuerdo al censo ganadero de los 6 municipios de la Sierra Gorda y el semidesierto del Estado de Querétaro, 2005 - 2011

| Censo en cabezas de ganado bovino | Casos | Porcentaje |
|-----------------------------------|-------|------------|
| 3000 - 6000 | 17 | 39 |
| 6001 - 9000 | 17 | 39 |
| 9001 - 12000 | 5 | 11 |
| 12001 - 13000 | 5 | 11 |
| Total | 44 | 100 |

Se nota el mayor incremento en número de cabezas de ganado bovino (77%), durante el periodo 2005 a 2011 en el municipio de Tolimán (Figura 2).

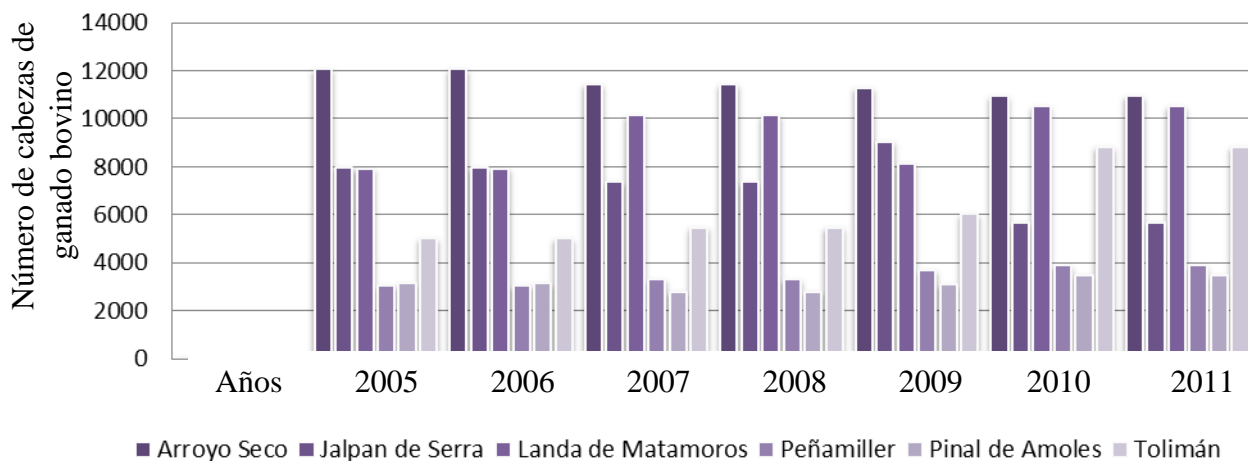


Figura 2: Inventario de cabezas de ganado bovino en la Sierra Gorda y Semidesierto de Querétaro de 2005 a 2011.

El 25% de los casos fueron hembras y el 39% machos, mientras que en el 36% de los casos no se reportó este dato (Cuadro13).

Cuadro 13. Frecuencia de casos de rabia parálitica en bovinos presentados en machos y hembras en 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro, 2005 a 2011.

| Sexo | Casos | Porcentaje |
|----------|-------|------------|
| Hembras | 11 | 25 |
| Machos | 17 | 39 |
| Sin dato | 16 | 36 |
| Total | 44 | 100 |

El 54% de los casos se presentó en bovinos de 1 a 6 meses de edad (Cuadro14).

Cuadro 14. Frecuencia de casos de rabia parálitica en bovinos presentados por edades en meses de en 6 municipios de la Sierra Gorda del Estado de Querétaro, 2005 a 2011.

| Edad en meses | Casos | Porcentaje |
|---------------|-------|------------|
| Sin dato | 6 | 14 |
| 1 - 6 | 24 | 54 |
| 7 - 12 | 8 | 18 |
| 13 - 19 | 2 | 4 |
| 27 - 48 | 4 | 9 |
| Total | 44 | 100 |

El 64% de los casos fue debido a la variante 11, que corresponde al murciélago hematófago, el 36% de los casos no presentó dato de variante. Dentro de los casos con variante 11, el 23% de los casos correspondió al municipio de Peñamiller y el 16% al municipio de Tolimán (Cuadro 15).

Cuadro 15. Frecuencia de casos de rabia parálitica en bovinos de acuerdo a la variante 11 en 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro.

| Municipio | Especie | No. de animales con variante 11 | Porcentaje % V11 | No. de animales sin dato (S/D) | Porcentaje % S/D | Total de casos |
|--------------------|---------|---------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|----------------|
| Arroyo Seco | Bovinos | 2 | 5 | 4 | 9 | 6 |
| Jalpan de Serra | Bovinos | 3 | 7 | 7 | 16 | 10 |
| Landa de Matamoros | Bovinos | 1 | 2 | 3 | 7 | 4 |
| Peñamiller | Bovinos | 10 | 23 | 1 | 2 | 11 |
| Pinal de Amoles | Bovinos | 5 | 11 | 1 | 2 | 6 |
| Tolimán | Bovinos | 7 | 16 | 0 | 0 | 7 |
| TOAL DE CASOS | | 28 | 64 | 16 | 36 | 44 |

Al analizar geográficamente la distribución de casos, de acuerdo a la altitud de metros sobre el nivel del mar, la mayor cantidad de casos de rabia parálitica de 2005 a 2008, ocurrieron en la región de la Sierra Gorda, en lugares con altitud menor a 1500 msnm. En el 2011, los casos ocurren en altitudes de 1250 a 1750 msnm de la región del Semidesierto como lo muestra la Figura 3.

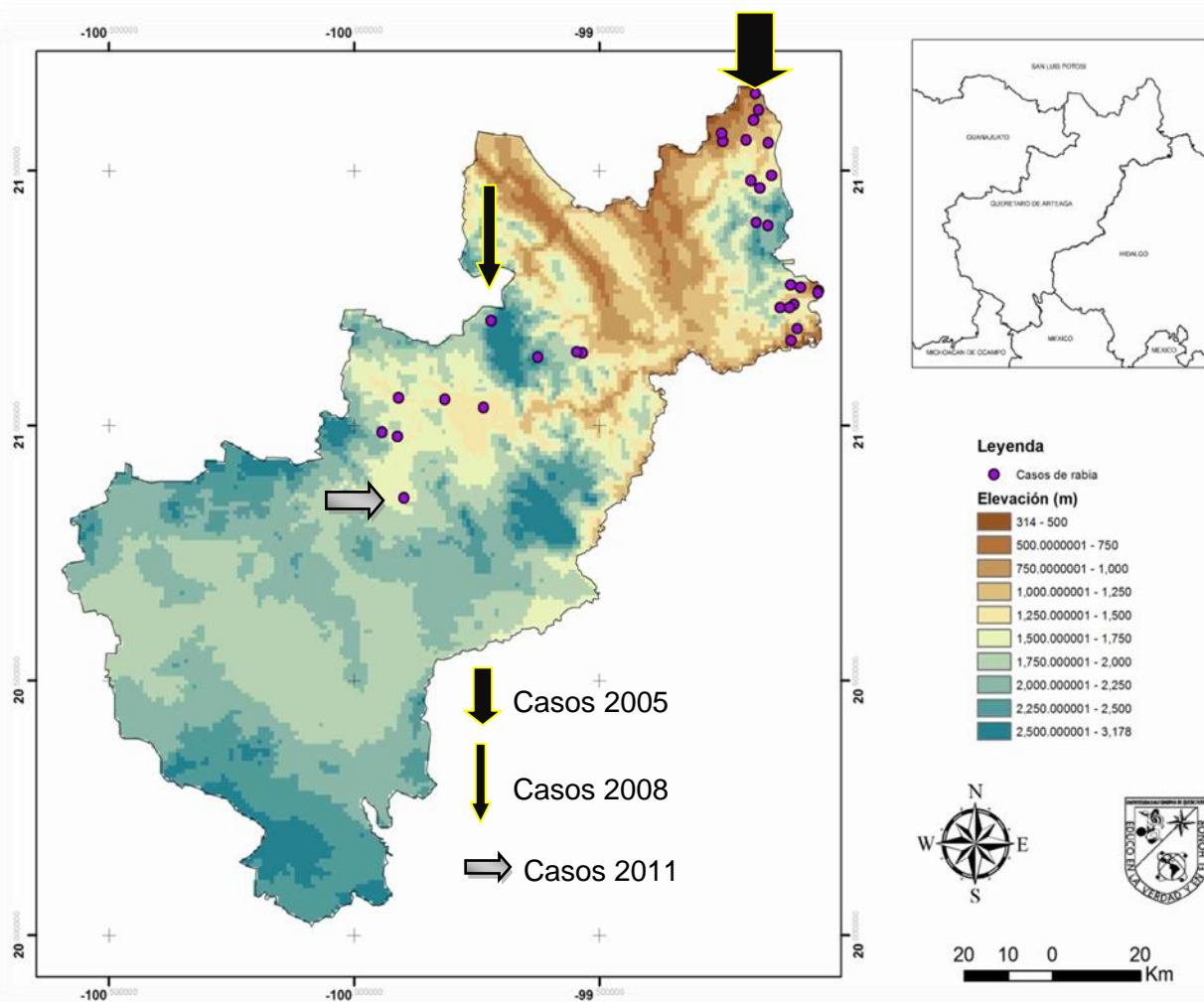


Figura 3. Distribución espacial de los casos de rabia parálitica bovina, del 2005 al 2011, de acuerdo a la altitud en msnm, en la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro.

La mayor distribución de los casos de rabia parálitica durante el periodo 2005 a 2011 ocurrieron en lugares con temperaturas de 16.5 a 24.3 °C, de la Sierra Gorda y Semidesierto de Querétaro (Figura 4).

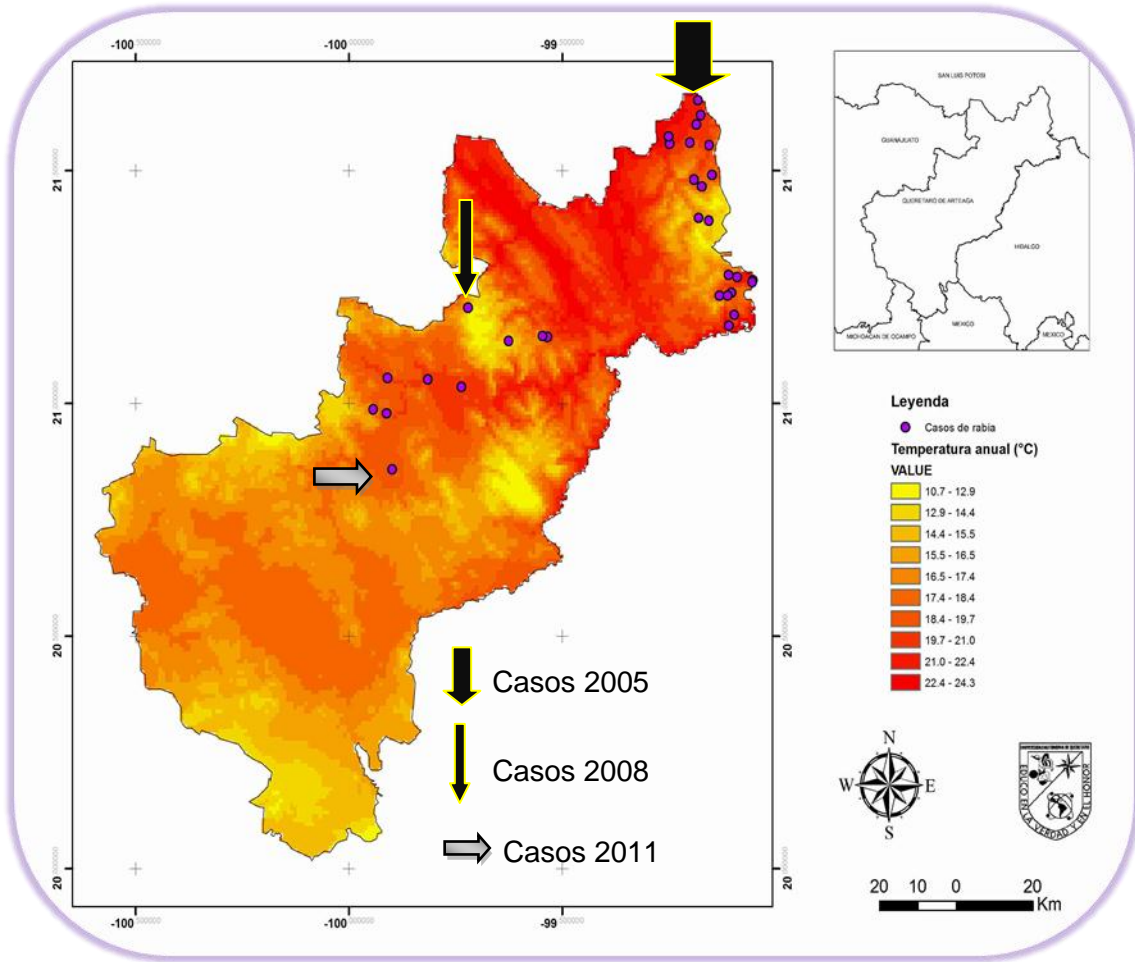


Figura 4. Distribución espacial de los casos de rabia parálítica bovina del 2005 al 2011, de acuerdo a la temperatura anual (°C), en la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro.

La mayor distribución de los casos de rabia parálítica durante el periodo 2005 a 2008 ocurrió en lugares que tienen precipitaciones de los 1500 a los 2562 mm y cercanos a ríos en la Sierra Gorda. En precipitaciones menores a los 1250 mm en lugares del Semidesierto de Querétaro también ocurren casos en regiones de ríos y cañadas (Figura 5).

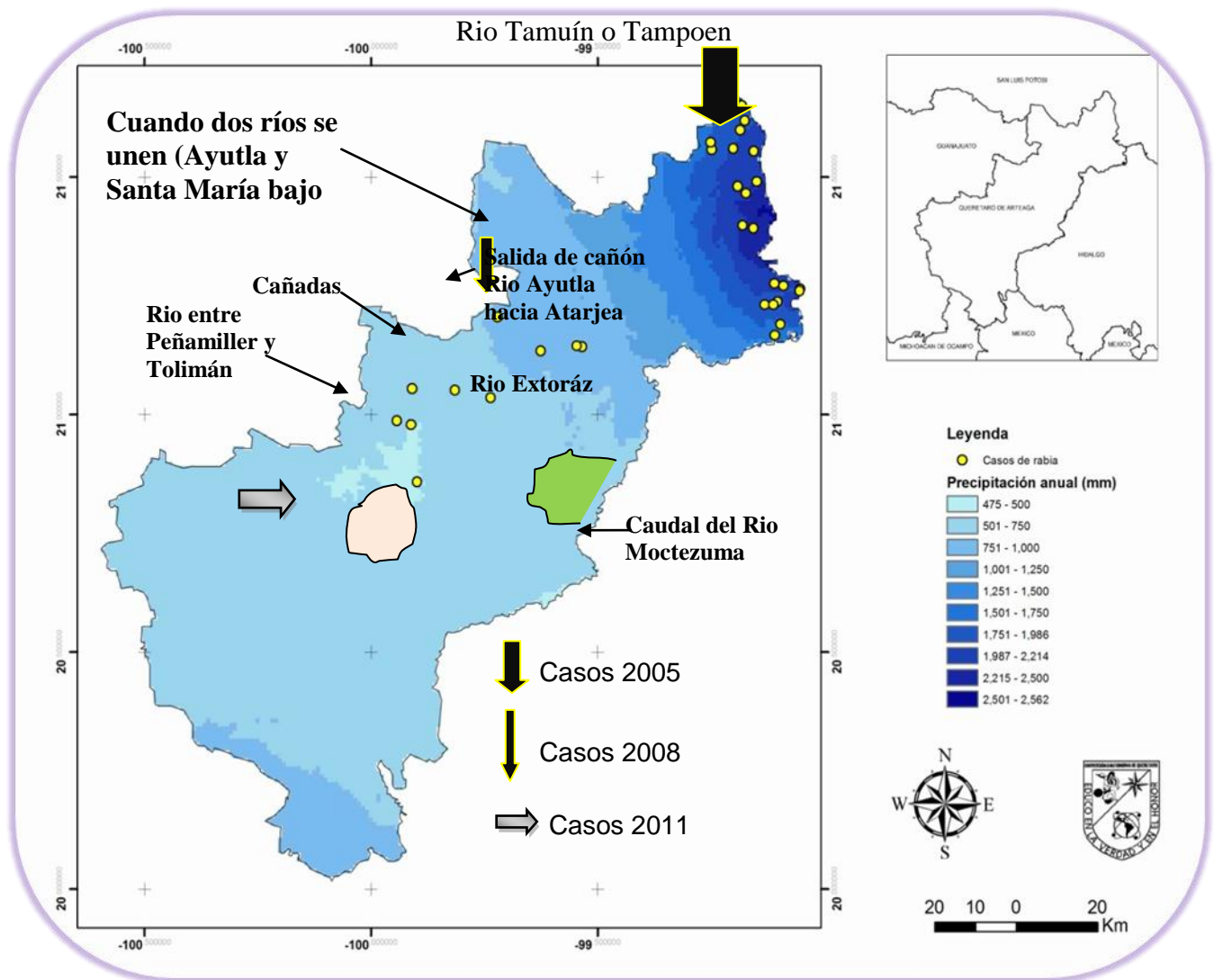


Figura 5. Distribución espacial de los casos de rabia parálitica bovina presentados del 2005 al 2011 de acuerdo a la precipitación anual (mm) en la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro.

Región minera III Bernal

Región minera II San Joaquín (Maconi)

La mayor distribución de los casos de rabia parálitica durante el periodo 2005 a 2008, se ve en bosques de encino perturbado y agricultura de temporal, en la Sierra Gorda y en el año 2011, ocurren casos en lugares perturbados de matorrales y bosques en la región del Semidesierto de Querétaro (Figura 6).

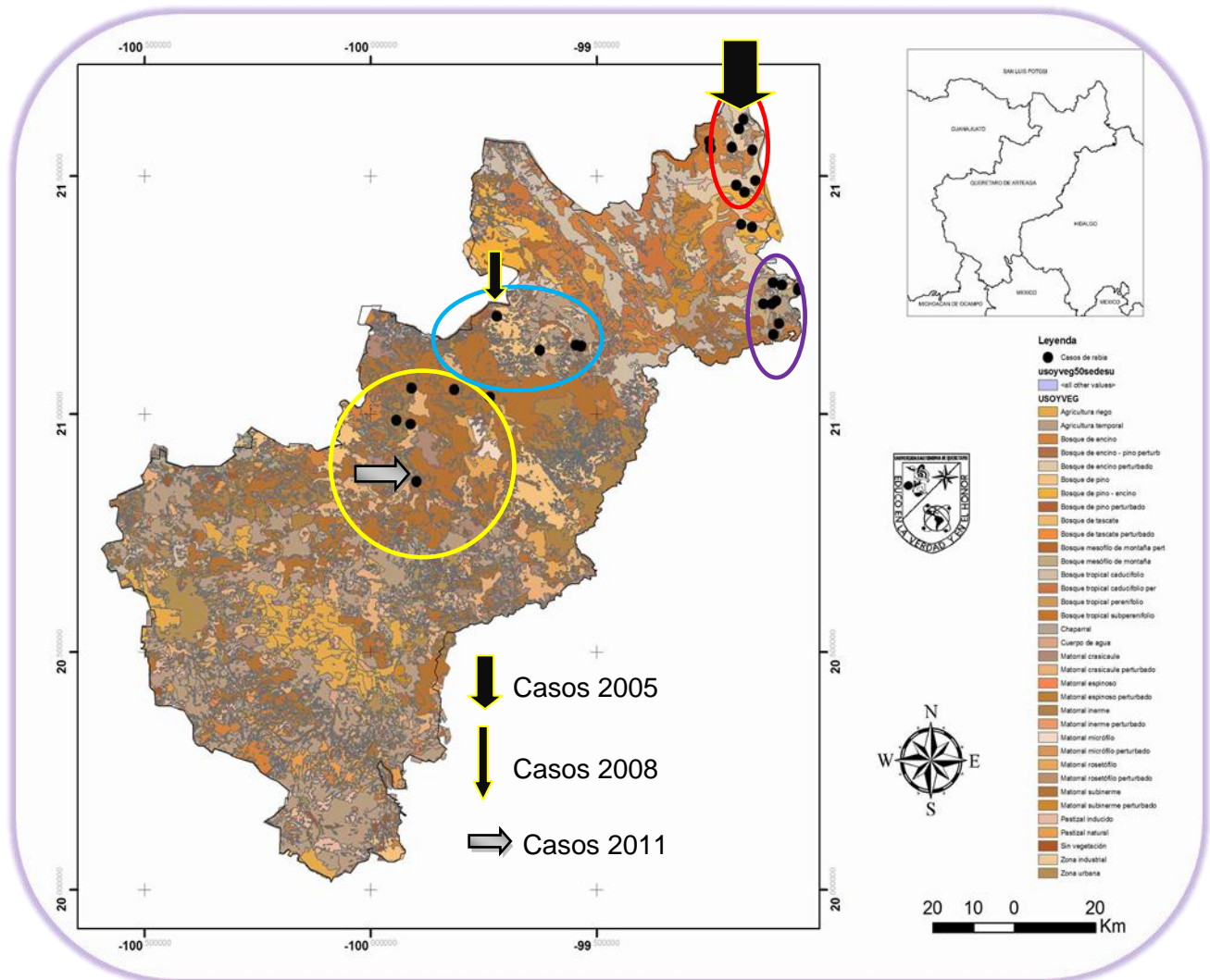


Figura 6. Distribución espacial de los casos de rabia parálitica bovina presentados del 2005 al 2011 de acuerdo al uso de suelo y tipo de vegetación en la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro.

- Casos en bosque de encino perturbado
- Casos en agricultura de temporal
- Casos en agricultura de temporal y bosque
- Casos en matorral crasicuale perturbado, matorral espinoso perturbado y bosque de encino

Hay una distribución muy amplia de casos de rabia parálitica de acuerdo al tipo de clima, ya que, los casos de rabia en bovinos se encontraron en climas cálidos

subhúmedos y semicálidos de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro (Figura 7).

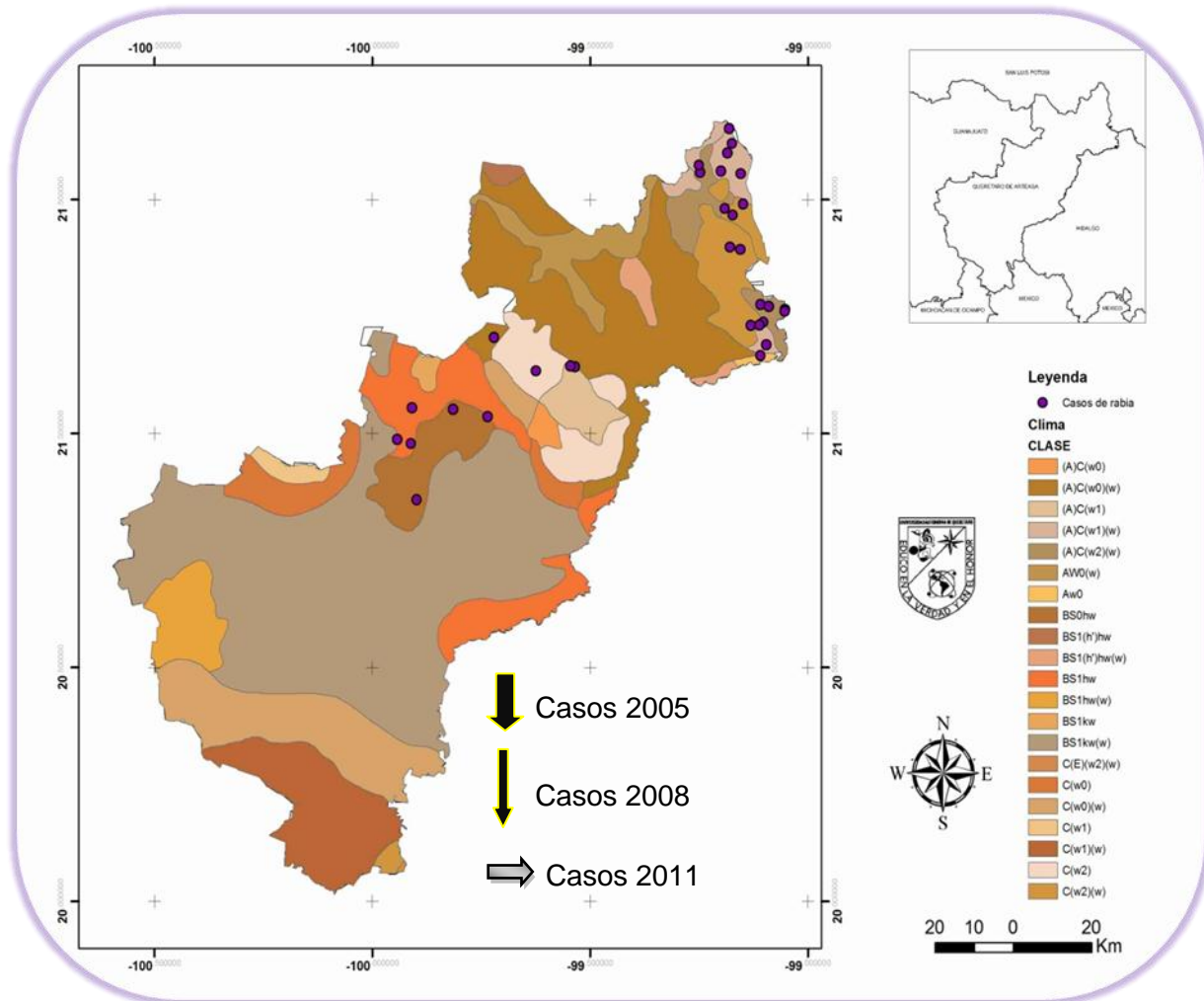


Figura 7. Distribución espacial de los casos de rabia parálitica bovina presentados del 2005 al 2011 de acuerdo al tipo de clima en la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro.

Al determinar las variables ambientales que condicionan más la distribución geográfica de casos de rabia se utilizó el modelo de probabilidad Maxent v3.3 con las variables referidas en materiales y métodos que indican las condiciones ambientales que modulan la presentación de casos se muestra en la figura 7. Este mapa indica que las mayores probabilidades de presentación de casos de rabia parálitica bovina están en la zona de la Sierra Gorda, Jalpan y Landa de Matamoros y en la zona del

Semidesierto del estado, en Peñamiller y Tolimán lo que coincide con la distribución de casos encontrados en este trabajo.

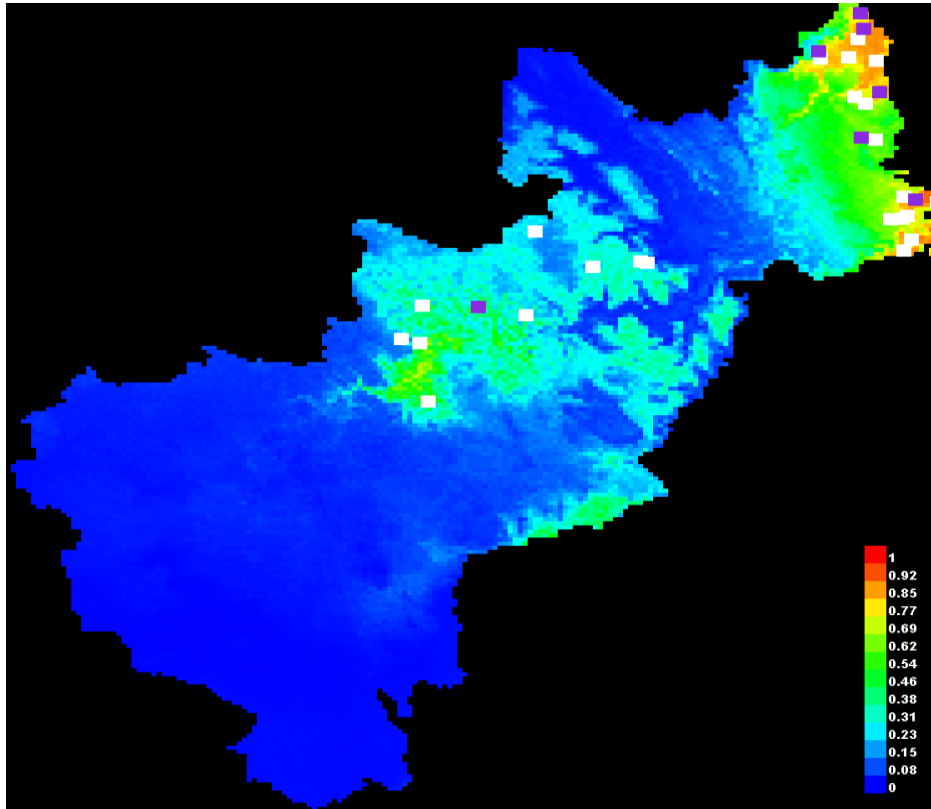


Figura 8: Probabilidad predicha de condiciones ambientales favorables para los casos de rabia parálitica bovina presentados del 2005 al 2011 en la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro.

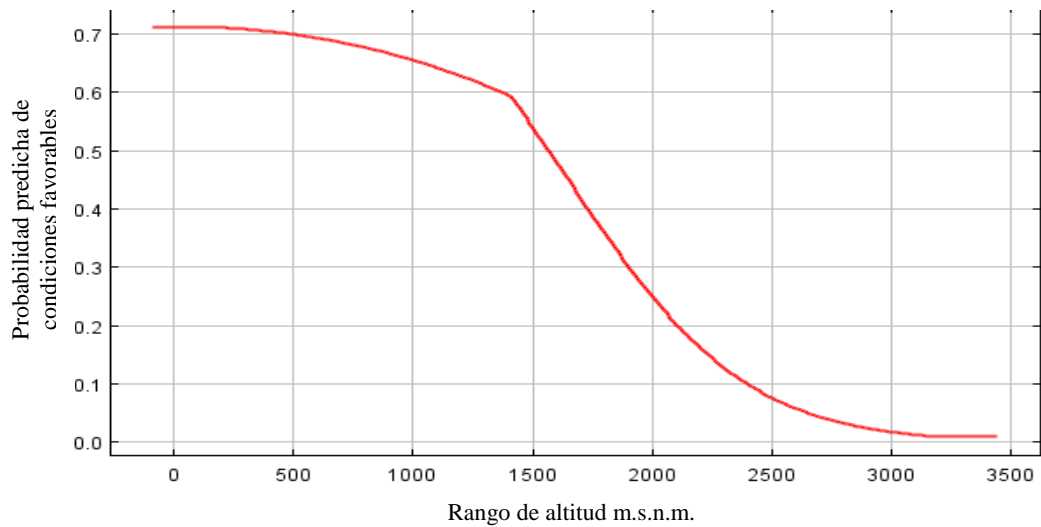


Figura 9. Curva de respuesta de probabilidad del modelo Maxent para la variable altitud y la presencia de casos de rabia en 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro, 2005 - 2011

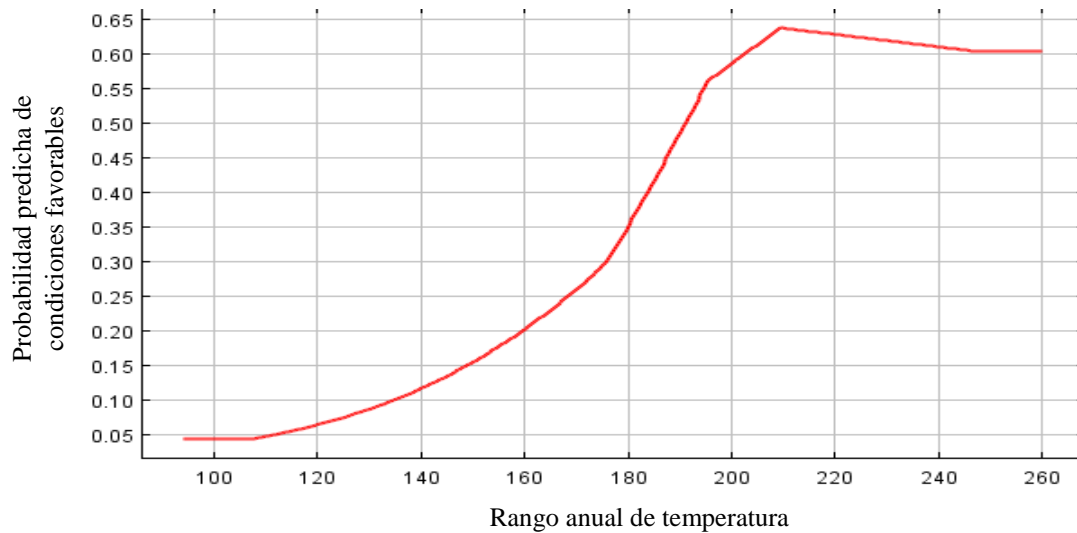


Figura 10. Curva de respuesta de probabilidad del modelo Maxent para la variable de temperatura promedio anual (Bio 1) y la presencia de casos de rabia en 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro, 2005 - 2011

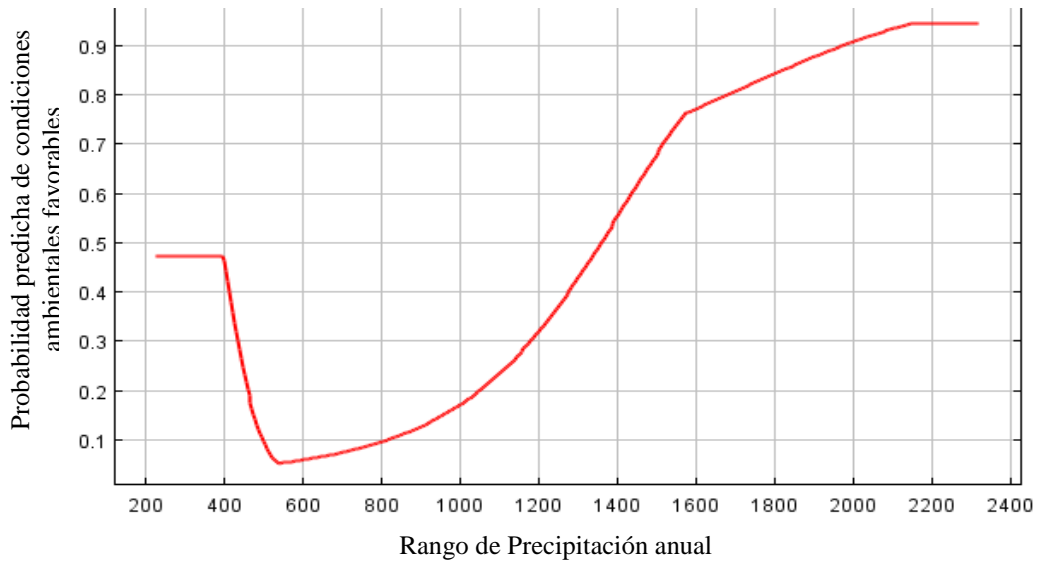


Figura 11. Curva de respuesta de probabilidad del modelo Maxent para la variable de precipitación anual (Bio 12) y la presencia de casos de rabia en 6 municipios de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro, 2005 - 2011

V. DISCUSIÓN

En el Estado de Querétaro los casos de rabia parálitica coinciden con la distribución de murciélagos hematófagos en los municipios de Arroyo Seco Jalpan de Serra, Landa de Matamoros, Pinal de Amoles, Tolimán y Peñamiller de acuerdo con Gutiérrez et al; (2007).

El 51% de los casos de rabia no rebasaron los 1,500 msnm; mientras que el 48% ocurrieron en altitudes mayores, esto discrepa con los reportes de casos de rabia transmitida por murciélago hematófago realizados en México en el año 2006 (Jiménez, 2006, SAGARPA, SENASICA, comunicación personal), quien informa que 92% de los casos en bovinos se presentan por debajo de los 1,500 msnm, mientras que solo 7% ocurre en altitudes mayores (Jiménez, 2006). También difiere con otras referencias (Aguilar 1966) y con (Almaraz y Setién 2006) que reportan que los vampiros se encuentran en altitudes que no rebasaban los 1500 msnm, al tener casi el 50% de los casos estudiados por arriba de dicha altitud. Todo esto sugiere que el murciélago hematófago ha incrementado su rango de distribución en términos de altura (Figura 10). Es probable que este evento se deba a la colonización del vampiro como lo comenta (Flores 1971) que refiere que el número de individuos en una colonia de vampiros dependerá de la fuente alimenticia, el espacio y las condiciones climáticas del refugio. Es posible que la presencia de casos de rabia bovina en alturas mayores a los 1,500 msnm en el Semidesierto de Querétaro sea por los desplazamientos que realizan los murciélagos dentro de la misma área geográfica, ya que de acuerdo al investigador, los vampiros mantienen un intercambio entre los refugios de su área de acción.

El 61% de los casos ocurrieron a temperaturas de 18°C a 22°C en los municipios de Jalpan de Serra, Landa de Matamoros y Pinal de Amoles pertenecientes a la Sierra Gorda y 34% a temperaturas de 14°C a 18°C, en los municipios de Peñamiller y Tolimán, región del Semidesierto, lo que demuestra la adaptabilidad del murciélago hematófago a diferentes temperaturas. En la curva de probabilidad del modelo Maxent (Figura 10) la respuesta es baja para valores de

temperatura en el rango de 10°C – 19°C y mayor en el rango de 20°C a 24°C. De acuerdo con Miranda et al, (2005), al estudiar la vida en cautiverio del *D. rotundus*, estableció que este quiróptero puede sobrevivir en temperaturas de 22°C a 28°C si se le suministra sangre de bovino. Por lo que la temperatura no es una variable ambiental que condicione la distribución geográfica de los casos de rabia transmitidos por *D. rotundus* ya que los movimientos de los vampiros dependen de la disposición de los recursos, lo que demuestra que son muy adaptables. Almaraz (2006) y Wilson (2002), exponen que durante las migraciones, los murciélagos pueden volar miles de kilómetros o realizar desplazamientos simples y locales, cambiando de un clima a otro más favorable. En un estudio de casos de rabia parálitica en el estado de Hidalgo, de 1994 a 2010, se comprobó que el murciélago hematófago tiene adaptación a diferentes climas y latitudes e índices de precipitaciones, con un parámetro de 21°C a 23°C. El resultado de este trabajo y estudios anteriores demuestran que la temperatura no es una limitante para la transmisión de la rabia por el murciélago *D. rotundus*.

El 43% de los casos ocurrieron en precipitaciones de 1,501 a 2,250 mm en la Sierra Gorda. Se estima que una precipitación pluvial de 2,270 mm en refugios es la precipitación que provee la humedad necesaria para la reproducción idónea de el murciélago hematófago (Aguirre et al; 2010); además, los ríos sirven como medio natural para la movilización de los vampiros en busca de alimento. A través de las cañadas sobre las que circulan adecuando los refugios con las condiciones óptimas en humedad y temperatura (Aguirre et al; 2010). Esto coincide con la ocurrencia de casos en el año 2005, al presentarse en las cercanías del Río Tamuín, y la unión del Río Ayutla con el Santa María Bajo, en Jalpan de Serra y Landa de Matamoros. Coincide también con la presentación de casos de la enfermedad en Pinal de Amoles en el año 2008 en la salida del cañón del Río Ayutla hacia Atarjea, cerca de las cañadas. También se presentaron casos en agricultura de temporal y de acuerdo con Gutiérrez et al; (2007), el murciélago hematófago se encuentra en zonas boscosas y agricultura de temporal en el Estado de Querétaro, esto explica la mayor presencia

de casos en la Sierra Gorda debido a la disponibilidad de refugios que los bosques ofrecen y la oferta de alimento disponible en potreros aledaños.

El 37% de los casos de rabia en bovinos ocurrieron en precipitaciones menores a 750 mm, en el Semidesierto,. El primer foco de la enfermedad fue en la localidad de San Pablo, en Tolimán, cercano al caudal del Río Moctezuma. Tan solo 2.2 Km de esta comunidad se encuentra también la planta de bombeo II y la línea de impulsión acueducto II (Figura 4), factores que pudieron favorecer el abandono de nichos en donde se encontraban colonias de murciélagos con virus rábico a nuevos refugios. Esta es una región minera inactiva, según lo reportado por el Servicio Geológico Mexicano, lo que pudo favorecer la movilización del murciélago. Según Lord, (1988) y Aguirre et al; (2010), la presencia del virus de la rabia en el vampiro común se debe principalmente a la interacción entre individuos de una colonia infectada con aquellos de otra colonia no infectada o susceptible, aprovechando los cambios hechos por el hombre con gran adaptabilidad en busca de nuevos refugios y colonias. Esto sugiere que algunos de los casos en los municipios de Peñamiller y Tolimán, donde no se habían presentado casos antes, se deben a la colonización del murciélago.

La mayoría de los casos ocurrieron en lugares que tienen de 3000 a 9000 cabezas de ganado bovino, al contrario de los que presentan mayor cantidad de animales, esto debido al incremento de ganado bovino en Tolimán (Figura 2), pues de acuerdo con (Zurita 2011), mientras más ganado, más fuente de sangre para los vampiros y esto favorece el aumento de su densidad poblacional. Gutiérrez et al. (2007) mencionan que se ha estimado que una población de 100 a 150 vampiros ocupan 1,300 ha aproximadamente y utilizan 1,200 cabezas de ganado, como presas.

La mayor presencia de casos fue en becerros de 1 a 6 meses, mientras que, el 18% se presentó en animales de 7 a 12 meses. Esto concuerda con lo reportado por Almaraz et al; (2006) que sugiere que la vacunación de los becerros debe ser motivo de investigación, pues es evidente que no se ha logrado una protección eficaz

de animales jóvenes. Según Shultz (s/a) los hatos que se vacunan por primera vez, se deben revacunar a los 6 meses, haciendo así, 2 vacunaciones al año, con el fin de asegurar que se está vacunando a los animales que están naciendo en el intervalo de la segunda vacunación, razón por la que en diciembre, enero y febrero, meses en que los ganaderos inician el pastoreo extensivo, hay mayor frecuencia de casos de rabia, ya que no hay protección inmunológica y coincide cuando las hembras vampiro, se encuentran gestantes y pariendo, en ambas condiciones, el requerimiento de alimento es mayor, para la producción de leche y formación del feto (Anónimo, 2009), así las agresiones al ganado se incrementan, y aumenta el número de casos en becerros.

Todos los casos de rabia mostraron variante 11, variante que se transmite por mordedura de vampiros. Smith, (1989), Bracamonte y Plaza (2000) y Johnson et al. (2004), dicen que la caracterización antigénica del virus rábico ubica la distribución geográfica y temporal de las cepas virales y determina la interrelación que se establece entre las especies que actúan como reservorio o transmisores de la enfermedad en la naturaleza. La variante 11 pertenece al genotipo 1 (Rabia Clásica). En el continente Americano, los murciélagos son huéspedes del genotipo 1 (Baer 1982) y se distribuye en México usando a los murciélagos hematófagos como reservorios, fundamento que da razón a tener esta variante antigénica circulando en el Estado de Querétaro.

Los casos de rabia parálitica encontrados en los municipios de Arroyo Seco, Jalpan de Serra, Landa de Matamoros, Pinal de Amoles, Peñamiller y Tolimán en el Estado de Querétaro, hacen frontera con los Estados de San Luis Potosí y Guanajuato, tal como lo muestra la figura 15. Las regiones colindantes de estos estados son zonas de alta densidad de casos de rabia parálitica bovina, lo que sugiere que esta enfermedad pudiera estar viniendo de esta zona y no de la Sierra gorda como pudiera pensarse.

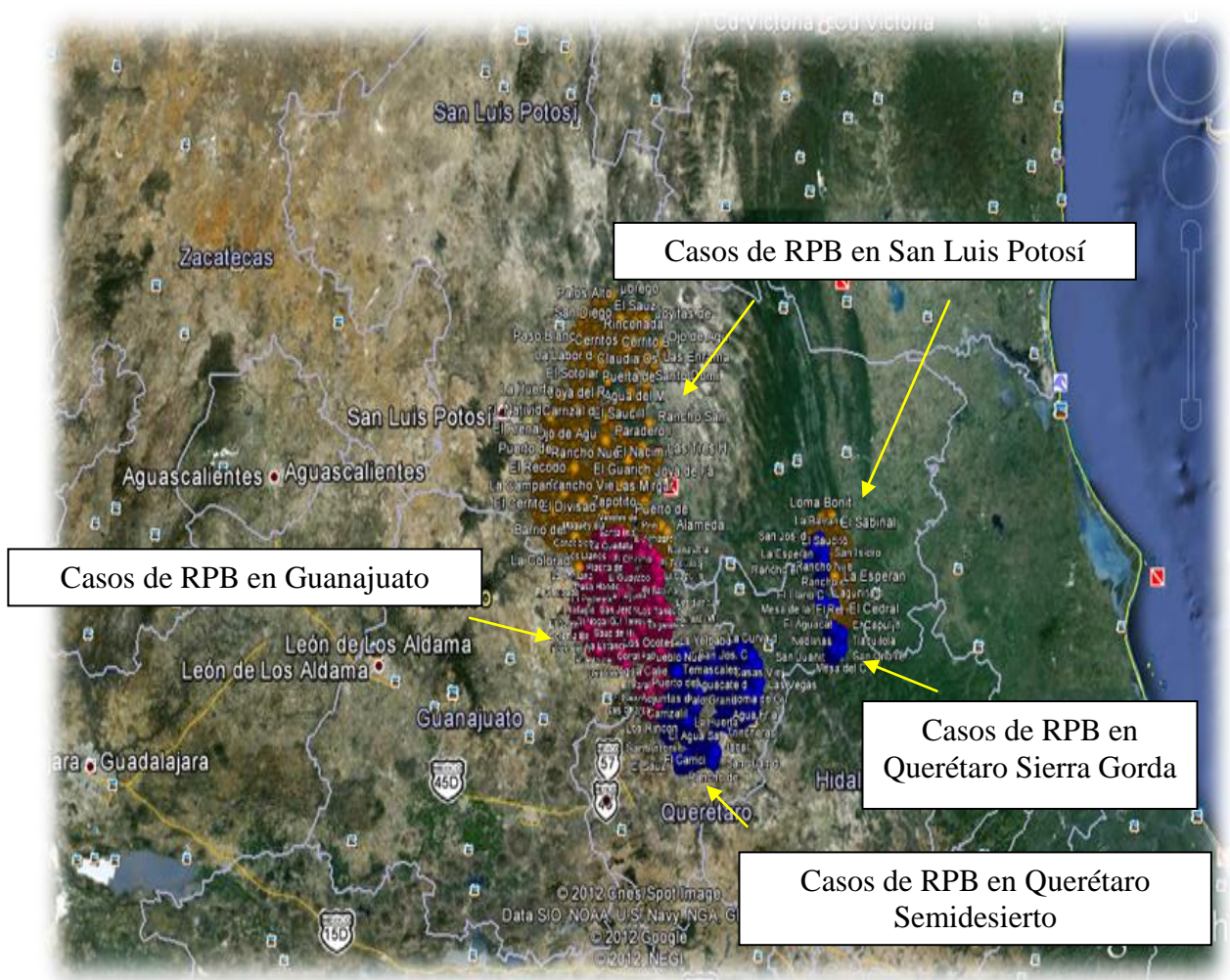


Figura 15. Casos de rabia parálitica en los municipios de Arroyo Seco Jalpan de Serra, Landa de Matamoros, Pinal de Amoles, Peñamiller y Tolimán del Estado de Querétaro en el periodo 2005 a 2011

VI CONCLUSIONES

Este estudio proporciona información que sugiere que la diseminación de la rabia parálítica bovina en el estado de Querétaro está influenciada por condiciones ambientales en su estado natural o bien modificadas por actividades del hombre, tales como la minería, la deforestación, la agricultura, la infraestructura y otras. Se ha demostrado que la altura sobre el nivel del mar ya no es una limitante para la distribución del murciélago hematófago y su participación como vector de la rabia parálítica bovina. Ha sido demostrado también que la precipitación pluvial favorece el desplazamiento del murciélago vampiro por incrementar las tasas de humedad relativa. La cercanía con zonas de alta incidencia de casos de rabia bovina con estados vecinos como San Luis Potosí y Guanajuato puede ser un factor determinante para la presencia de casos en zonas previamente libres de Querétaro, como es Peñamiller y Tolimán; sin embargo, esto no pudo corroborarse por la falta de herramientas para tipificar genéticamente al virus para hacer una relación moleculo-epidemiológica. Tampoco se pudo corroborar si existen fallas en la práctica de la vacunación para prevenir la enfermedad debido a la falta de información confiable y datos suficientes. Se concluye también que es indispensable el desarrollo de proyectos de investigación interdisciplinarios de mayor profundidad para explicar mejor el comportamiento del murciélago hematófago y las variables que determinan su participación en la diseminación de la rabia parálítica bovina en México.

VII RECOMENDACIONES

Es recomendable mejorar la sistematización de la captura y la calidad de información de los casos. Se recomienda que los casos cuenten con datos tales como: especie involucrada, número de animales infectados, distribución de las poblaciones, edad y sexo, tipo de diagnóstico, la genotipificación del virus aislado, antecedentes de vacunación del hato y georeferenciación para la elaboración de mapas epidemiológicos. Es necesario determinar las épocas de vacunación con precisión con base a evaluaciones epidemiológicas de la enfermedad y evaluar las características inmunológicas de las vacunas. Es forzoso ubicar refugios de colonias de murciélagos cercanos a ríos y zonas perturbadas de la Sierra Gorda y Semidesierto del Estado de Querétaro a fin de aplicar tratamientos vampiricidas. Es recomendable hacer monitoreos anuales del *D. rotundus* para determinar prevalencia de infección regional y determinar épocas y regiones de riesgo. Finalmente, es recomendable el trabajo conjunto entre el sector salud y el sector pecuario a fin de tomar acciones conjuntas para prevenir el paso de la rabia del ganado a otras especies que pudieran poner en riesgo a la salud pública.

VII REFERENCIAS

- Arellano S. C. 2006. Control of bovine paralytic rabies in Latin America and the Caribbean, FAO en:
<http://www.fao.org/ag/AGInfo/resources/documents/WAR/war/V0600B/v0600b0a.htm>.
- Acha, P. N.1986. Zoonosis y enfermedades Transmisibles comunes al hombre y a los animales. Publicación Científica de Washington. 502.
- Aguilar, Á. 1996. La rage des chauves – sourishematophagues, Cahiers d/ Ethologie.259 -277.
- Aguirre, V.M, Negrete, J.J.Adaptación del murciélago hematófago en el Estado de Hidalgo SAGARPA México
http://www.conasamexico.org.mx/conasa/docs_18a_reunion/salon6diamarte_s1200a1500/Victor_Manuel_Aguirre_Duarte.pdf
- Almaraz Ma. De L. Setién A.2006.Murciélagos Benéficos y Vampiros, características, importancia, rabia, control y conservación, Editorial AGT EDITOR, S.A. 1, 2, 4-7, 10-16, 56-60, 75 – 80, 97 -100.
- Álvarez L. J. A, 2011. Captura en corral de murciélago hematófago, evaluación y costo. Universidad Veracruzana. 2- 6.
- BAER, G. M. 1974. En Historia Natural de la rabia. Ediciones Científicas. La Prensa Médica Mexicana, S. A
http://bvs.insp.mx/rsp/articulos/articulo_e4.php?id=001672
- Baer G. M.1991. The natural history of rabies. 2a. ed. Boca Ratón: CRC Press.
http://bvs.insp.mx/rsp/articulos/articulo_e4.php?id=001672
- Baer G. M. 1975. The natural history of rabies. Nueva York: Academic Press.
http://bvs.insp.mx/rsp/articulos/articulo_e4.php?id=001672
- Baer, G.M.1982. Rabia. La Prensa Medica Mexicana. México.
- Ballesteros C. J, J. Racero C., M. Núñez D. 2007. Diversidad de murciélagos en cuatro localidades de la zona costanera del departamento de Córdoba Colombia, Revista MVZ Córdoba.1015 – 1018
- Bracamonte M.; Plaza N. 2000. Zoonosis más frecuentes en Venezuela. Enfermedades de los Animales. FONAIAP-CENIAP. 24 – 33.
- Ceballos, G. 2002.The Mammals of Mexico: Composition, Distribution, and Conservation Status, Ed, Occ. 1 – 27.
- De Mattos C.; de Mattos C. 1989. Técnicas Moleculares para Caracterización de Virus Rábico. Pan American Health Organization/World Health Organization Technical consultation on the use of monoclonal antibodies for rabies virus characterization and epidemiological surveillance in Latin America and the Caribbean. 4 – 10
- De Paz, O. Loza, E. 2005. .Salivary excretion of rabies virus by pastoret.Prensa Médica Mexicana. México, D. F.Pags.104 – 108.
- Enríquez, Ma. E. 2010. Análisis de impacto económico social, cultural y biológico del murciélago vampiro en poblaciones humanas y áreas ganaderas en el departamento de Izabal. Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología. 1
- Flores, C.1991.Rabia en humanos transmitida por murciélagos vampiros en países de América, Ed. Técnica pecuaria en México.25 – 33.

- Flores C. R. 1971. Comportamiento del vampiro (*Desmodus rotundus*) durante su alimentación en ganado bovino en cautiverio. Ed. Técnica Pecuaria en México. 40 -44.
- Flores C. R. 1991. Biology and control of the vampire bat, 2da edition, Ed. CRC. Press. 461 – 476.
- García B. C. M. 2003. Perspectivas de la Ganadería Tropical de México ante la Globalización. Conferencia Magistral: XXVII Congreso Nacional de Buiatría. Villahermosa, Tabasco, México.
- Gaudín Y., Tuffereau C. Segretain D. Knossow M. y Flamand A. 1991. Reversible conformational changes and fusion activity of rabies virus glycoprotein. *Journal of virology*. 4853 – 4859.
- Greenhall, A. M., Jormann G. y Schmidt U. 1983. *Desmodus rotundus*. *Mammalian Species*. 1-6
- Greenhall A. M. 1993. Ecology and bionomics of vampire bats in Latin América in bats and Rabies. *Foundation Marcel-Mérieux*. 3-57
- Guarnera, 1991. Guía para el tratamiento de la rabia en el hombre, Publicación especial No. 11, Ed. Centro Panamericano de Zoonosis.
- Guenni, Degryze, E. 2, Alvarado, K. 2. 2008. Análisis de la tendencia y la estacionalidad de la precipitación mensual en Venezuela. *Rev. Colombiana estadística*. 42
- Gutiérrez, D. H., Luna. C., López y R., Pineda. 2007. Guía de mamíferos del Estado de Querétaro. Universidad Autónoma de Querétaro. Serie Ciencias Naturales. 57.
- Harvell C. D., C. E., Mitchell, J. R., Ward, S Altizer, A. P., Dobson, R. S., Ostfeld, M. D., Samuel. 2002. Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. 2158 – 2162.
- Hernandez B. E. 1978. El virus rábico :Morfología, morfogénesis y crecimiento en cultivos celulares. *Rev. Ciencia Vet*. 2-32.
- Hidalgo, D, M. A. 2005. La rabia una zoonosis mortal, revista digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela.
http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n7/arti/hidalgo_m/arti/hidalgo_m.htm
- Hidalgo, D, M. A. 2006. Caracterización Antigénica de virus rábico, revista digital CENIAP. 1-3
- Hill, J. E. 1984. *Bats, a natural history*, Ed Academic Press, Texas. 243
- Hunt R. 2008. Microbiología e inmunología On- line, Virología – capítulo 20, rabia.
<http://pathmicro.med.sc.edu/spanish-virology/spanish-chapter20.htm>
- Jiménez A. 2006. Vampiros de Altos Vuelos, *Bayvet*, No 24, Septiembre – Noviembre. 6
- Johnson N.; Letshwenyo M.; Baipoledi EK.; Thobokwe G.; Fooks A. 2004. Molecular epidemiology of rabies in Botswana: A comparison between antibody typing and nucleotide sequence phylogeny. 863 – 868
- Kraker C. y Echeverría J. L. 2012. Riquezas de especies y variabilidad trófica de murciélagos en zonas de riesgo de rabia de origen silvestre en Izabal Guatemala. 88 – 96

- Krestchmer, S. R. 2005. Salivary excretion of rabies virus by healthy vampire bats. *Epidemiology and Infection*. 517 – 522
- Kuns, T. H. 1982. *Ecology of Bats*, Ed, Academic Press, Boston University, New York. 415 – 468.
- Kunz, T. H. 1998. *Bat Biology and Conservation*, Ed, Smithsonian Institution Press. 80 – 100
- Lepine, P. 1973. Histopathological diagnostics in laboratory techniques in rabies.
- Laval, E. R y Lepe P. 2008. Una visión histórica de la rabia en Chile, revista chilena de infectología, versión impresa ISSN 0716-1018. 2 – 7
- Leung, A. K., Davies H. D., Hon K. L. 2007. Rabies: Epidemiology, pathogenesis, and prophylaxis. *Rev Biomédica*. 7
- Lord, R. D. 1988. Control of vampire bats. En: Greenhall AM, Schmidt U, eds; *Natural history of vampire bats*. 215
- Loza, E. 2000. Immunization of dogs with DNA vaccine induces protection against rabies virus, Ed. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 476 – 486
- Loza, E.; Aguilar, Setien A. 1999). *El Árbol Genealógico de la Rabia en México*, Ciencia y Desarrollo. 17- 23
- Manual de normas y procedimientos para EL CONTROL DE LA RABIA PARALITICA BOVINA Managua. 1996.
http://www.oirsa.org/OIRSA/Miembros/Nicaragua/Decretos_Leyes_Reglamentos/ManualdeNormasyProcedimientos-01.htm
- Mayen, F. 2003. Haematophagous bats in Brazil, their role in rabies transmission, impact on public health, livestock industry and alternatives to indiscriminate reduction of bat population. *Journal of Veterinary Medicine*. 469 – 472
- Medellin, R.A. 1997). Identificación de los murciélagos de México, Claves de campo, Ed. Publicación especial, Asociación Mexicana de Mastozoología. Pág. 1- 2.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, (2008). Control de murciélagos hematófagos como potenciales portadores de rabia, Unidad de Normas y Regulaciones.
- Miranda, A. O. - Núñez, S. E. - Bogado, F. - Acosta, R. S. - Báez, N. E. 2005. Los murciélagos hematófagos (*Desmodus rotundus*), vida en cautiverio. Laboratorio Investigación y Diagnóstico de Rabia. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*. 1-3
- Paredes, J. C. 2007. “Análisis Epizootiológico de Incidencias de Casos de Rabia en la Sierra Norte del Estado”; tesis de licenciatura escuela de medicina veterinaria y zootecnia U.X.A.C. Xicotepec de Juárez Puebla. 4
- Programa de acción específica para el campo. 2007- 2008.
- Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Arroyo Seco, Querétaro Clave geoestadística 2003.
- Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Jalpan de Serra, Querétaro Clave geoestadística 2009.
- Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Peñamiller, Querétaro Clave geoestadística 2013.
- Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Pinal de Amoles, Querétaro Clave geoestadística 2002

- Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos
Tolimán, Querétaro Clavegeoestadística 22018
- Revista Digital CENIAP HOY. 2009. Centro Nacional de Investigaciones Agrop.
<http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/ceniaphoy/articulos/n7/a>.
- Rodríguez, B. 2001. Los murciélagos a través de los ojos de la ciencia. 1- 3.
- [Rodríguez Vivas I. \(2004\). Biología del murciélago hematófago común \[Sitio de internet\] hallado en: http://www.mexicoganadero.com/articulo10.html](http://www.mexicoganadero.com/articulo10.html).
- Romero, Ma De L. 2004. Prevalence of rabies and LPM paramyxovirus in Non – hematophagous bats captured in the Central Pacific Coast of Mexico. Ed Royal Society. 577 – 584
- Romero, Ma. De L, Sánchez, C; García, C. y R, D. O. 2000. Pequeños mamíferos. Un manual para el conocimiento de las técnicas de captura, preparación, preservación y estudio. Manual producido por U.N.A.M y U.A.E.M. 217
- Sampedro, M. B. C. M. Osorio, S. C. Otero, Y. L. Santos, L. M. Refuges, reproductive period and social composition of the populations of *Desmodus rotundus*. Geoffroy, 1810. (Chiroptera: Phyllostomidae), in rural areas of the department of Sucre, Colombia. 127 – 134.
- Sánchez, C. 2004. Prevalence of rabies and LPM paramyxovirus antibody in Non – hematophagous bats captured in the Central Pacific Coast of Mexico. Ed. Royal Society. 547 – 555.
- Sánchez H, C., Romero A, M. L. 1995. Murciélagos de Tabasco y Campeche una propuesta para su conservación, Cuaderno 24, Instituto de Biología, U.N.A.M., México y Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 217.
- Schneider, M. C., RomJin P. C., Uieda W., Tamayo H., Da Silva D. F., Belotto A., J. B. Da Silva J. B. , y leanes I. F. 2009. Rabies transmitted by vampire bats to humans: An emerging zoonotic disease in Latino America. Revista Panamericana de Salud Pública. 260-269.
- Sistema porcino de vigilancia epidemiológico. 2009. Ficha técnica : virus de la rabia. [Sitio en Internet]. 7, hallado en:
http://www.sipove.gob.mx/Doc_SIPOVE/SAnimal/Publica/rabia/Fichas/FT_RabiaPB%20CORREGIDO%2020%20Mayo.pdf
- Suárez, G. 2000. Artículo: El reservorio primordial en el ciclo de contagio infeccioso. 2- 5
- Shultz, A. (s/a). Tratado de enfermedades de Ganado vacuno. Acribia, Zaragoza, España. 628
- Vargas G, R., Cárdenas Lara, J. 1996. Ciencia Veterinaria, Epidemiología de la rabia: Situación actual en México. Ed. C.U. México D.F. Págs. 338 – 343.
- Smith J. 1989. Monoclonal antibodies studies of rabies in insectivorous bats of the United States. Rev. Infec. Dis. 2637- 2643
- Torre L, M. A. Miranda Soberanis J. A. Martínez M. A. Caracterización de lesiones histopatológicas en encéfalos de bovinos positivos a rabia parálitica bovina en el Estado de Yucatán. Rev. Biomed. 200 – 205
- Velasco V, A. 2012. Infecciones del sistema nervioso laboratorio de rabia. [Sitio de internet] hallado en:
<http://www.facmed.unam.mx/deptos/microbiologia/virologia/rabia.html>

- Velásquez, M. O. 2005. Evolución de la Rabia en México, 3er Foro Nacional de Rabia, Ed. Merial México, S. A., San Miguel Contra, Tlax. 1-2
- Villa R, B. 1986. Los murciélagos de México An. Inst. Bio. UNAM. 331 -333
- Wilson, D. E. 2002. Murciélagos Respuestas al vuelo. Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz. 196
- Wunner, W. H., Larson, J. K., Dietzschold, B. y Smith, C. L. 1988. The molecular biology of rabies virus. Rev. Infec. Dis. 771
- Zurita J. 2011. Rabia, ganado y deforestación.
<http://www.vistazo.com/webpages/columnas/?id=18306>