

La vacunación de murciélagos contribuirá a obtener y mantener el estado libre de rabia en las naciones

The vaccination of bats will contribute to obtain and maintain the rabies-free state in the nations

Melissa Ruiz-Saldaña*✉

Ruiz-Saldaña, M. (2019). La vacunación de murciélagos contribuirá a obtener y mantener el estado libre de rabia en las naciones. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 27(77), 80-88.

RESUMEN

La rabia es altamente contagiosa y tiene una mortalidad cercana a 100%. Los pacientes que presentan la enfermedad, manifiestan sintomatología grave como irritabilidad y excesivo dolor. Los esfuerzos de vacunación a nivel mundial de los animales de compañía han permitido un control de la enfermedad, llevándola prácticamente a la erradicación. Este estatus puede revertirse porque no solo los animales de compañía pueden transmitir la enfermedad. Existe probabilidad de contagio humano a través de la fauna silvestre. En el presente trabajo se pretendió determinar la principal fuente de contagio que provoca a las naciones perder el estatus de erradicación de la rabia. Se encontró que un medio de contagio crítico es la transmisión de rabia por parte de los murciélagos, sin importar sus hábitos alimenticios, por lo que se proponen estrategias para alcanzar la meta de la erradicación de la rabia a nivel mundial.

ABSTRACT

Rabies is highly contagious and has a mortality close

Palabras clave: erradicación; fauna silvestre; murciélagos; preservación; rabia; vacunación.

Keywords: eradication; wildlife; bats preservation; rage; vaccination.

Recibido: 12 de abril de 2018, aceptado: 24 de octubre de 2018

* Universidad de la Costa. Carretera al Libramiento Paraje de Las Pulgas, Distrito Jamiltepec, C. P. 71600, Santiago Pinotepa Nacional, Oaxaca, México. Correo electrónico: ruiz.sm@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2941-6942>

✉ Autor para correspondencia

to 100%. Patients who have the disease, manifest very severe symptoms such as irritability and excessive pain. The efforts of worldwide vaccination of companion animals have allowed control of the disease, practically leading to eradication. This status is lost if we do not consider that not only pets can transmit the disease. There is probability of human contagion through wildlife. In the present work, the intention was to determine the main source of contagion that causes the nations to lose the status of eradication of rabies. Findings show that a means of critical contagion is the transmission of rabies by bats, regardless of their eating habits, so strategies proposed intend to achieve the goal of eradicating rabies worldwide.

INTRODUCCIÓN

La palabra rabia viene de la raíz india *rabh*, que significa conducta violenta. De acuerdo a un informe de 2017 de la Organización Mundial de la Salud (WHO, por sus siglas en inglés), esta enfermedad mata a 59,000 personas anualmente alrededor del mundo, la mayoría son niños (WHO, 2017). Es una de las enfermedades más antiguas de la que se tiene registro e incluso se piensa que puede ser más antigua que la humanidad. El primer registro formal acerca de la rabia se encontró en el código mesopotámico Eshnunna (1930 a. C.) (Rupprecht, Stöhr, & Meredith, 2001).

En un inicio solo se registró para los animales. Las personas detectaban que los perros presentaban conducta violenta principalmente en época de calor, por lo que a este periodo del año se le nombró canícula, en referencia a la acción que

ejercía la estrella Sirio de la constelación del Can Mayor, sobre el Sol. Demócrito de Abdera (500 a. C.) hace la primera descripción clara de la rabia animal. Posteriormente, alrededor del año 320 a. C., Aristóteles describió la rabia en los humanos y la relacionó con la mordedura de animales. Hipócrates dio detalles acerca de su desarrollo, describió que las personas presentaban miedo y rehusaban beber agua, además los pacientes tenían temblores ante el menor ruido, así como parálisis y convulsiones (Llamas López & Orozco Plascencia, 2009).

Taxonomía de la rabia

La rabia es ocasionada por virus pertenecientes al orden Mononegavirale, familia Rhabdoviridae, género *Lyssavirus* (Madhusudana, Subha, Thankappan, & Ashwin, 2012). El género *Lyssavirus* ha sido dividido en tres filogrupos. El grupo I abarca al virus de la rabia propiamente dicho: RABV, al *Duvenhage virus*, *European bat lyssavirus* tipos 1 y 2 (EBLV), *Australian bat lyssavirus*, *Aravan virus*, *Khujand virus*, *Irkut virus* y el *Bokeloh bat lyssavirus*. El grupo II agrupa al *Lagos bat virus*, *Mokola virus*, *Shimoni bat virus*. El grupo III abarca al *West Caucasian bat virus*, *Ikoma lyssavirus* y el *Lleida bat lyssavirus* (Hu et al., 2018). Existen otros virus que aún no han sido clasificados en un grupo y se piensa en la posibilidad de integrar un nuevo grupo con ellos. Dentro de estos virus sin clasificar están el *Gannoruwa bat lyssavirus*, *Kotalahti bat lyssavirus* (Nokireki, Tammiranta, Kokkonen, Kantala, & Gadd,

2018) y el *Taiwan bat lyssavirus* (tabla 1) (Nokireki, Jakava-Viljanen, Virtala, & Sihvonen, 2017).

Caracterización del virus RABV

En 1903 Remlinger y Riffat-Bay identificaron que el RABV es un virus con ARN de cadena sencilla, sentido negativo, no segmentado (Madhusudana et al., 2012). El genoma del virus de la rabia contiene cinco genes altamente conservados pertenecientes a las siguientes proteínas: glicoproteína (G), nucleoproteína (N), proteína matriz (M), proteína no estructural (NS) y polimerasa dependiente de ARN (L). La proteína G es especialmente importante, ya que es la responsable de la unión con el receptor en las células blanco, asimismo, es la proteína contra la que están dirigidas las vacunas contra el virus de la rabia (Singh et al., 2017).

Patogenia de la rabia

El periodo de incubación puede variar enormemente dependiendo del subtipo de virus, la cantidad del inóculo, así como de la distancia al sistema nervioso central. En casos extremos el periodo de incubación ha llegado a ser de 27 meses o incluso seis años. No obstante, el promedio del tiempo de incubación es entre 20 y 90 días.

Cuando el virus ingresa al organismo se une mediante la proteína G a su receptor. Los receptores en la célula huésped pueden ser los siguientes: el receptor para acetilcolina, la molécula

Tabla 1
Tipos de Lyssavirus

Grupo I	Rabies virus (RABV) Duvenhage virus (DUVV) European bat <i>Lyssavirus</i> tipo 1 (EBLV-1) European bat <i>Lyssavirus</i> tipo 2 (EBLV-2) Australian bat <i>Lyssavirus</i> (ABLV) Aravan virus (ARAV) Khujand virus (KHUV) Irkut virus (IRKV) Bokeloh bat <i>Lyssavirus</i> (BBLV)
Grupo II	Lagos bat virus (LBV) Mokola virus (MOKV) Shimoni bat virus (SHIBV)
Grupo III	West Caucasian bat virus (WCBV) Ikoma <i>Lyssavirus</i> (IKOV) Lleida bat <i>Lyssavirus</i> (LLEBV)
Virus aún sin clasificación	Gannoruwa bat <i>Lyssavirus</i> (GBLV) Kotalahti bat <i>Lyssavirus</i> (KBLV) Taiwan bat <i>Lyssavirus</i> (TWBLV)

Nota: Elaboración propia con base en Madhusudana et al. (2012), Hu et al. (2018), Nokireki et al. (2017) y Nokireki et al. (2018).

de adhesión CD 56 o el receptor de baja afinidad para el factor de crecimiento NTR75 (Singh et al., 2017) de la neurona. Aunque en un principio se creía que el RABV no tenía capacidad de replicarse en el músculo, actualmente sabemos que esta replicación es posible y puede darse en células musculares (Yamaoka et al., 2013).

Una vez unido a su receptor, el virus RABV es internalizado en la célula mediante endocitosis. En el interior de las neuronas, el RABV migra a través de los axones sensoriales por medio de un sistema de transporte retrógrado con una velocidad en humanos que va desde los 12 hasta los 100 mm/d.

A diferencia de otros virus, la patogenicidad de los de la rabia correlaciona inversamente con la cantidad de RNA producido, así como las partículas virales producidas (Pulmanusahakul, Li, Schnell, & Dietzschold, 2008). Al parecer una baja replicación viral aumenta la patogenicidad de los virus mediante la conservación de la estructura neurona, misma que usan para alcanzar el SNC y al mismo tiempo no ser detectados por el sistema inmunitario.

El periodo prodrómico puede durar entre dos y 10 días (Bernard, 1984). En este periodo, los pacientes presentan dolor o parestesias en la zona de la inoculación. Además, suelen presentar hipertermia, cefalalgia, náusea, vómito, agitación e irritabilidad, lo que pone de manifiesto la afección neurológica (Hankins & Rosekrans, 2004). A nivel neuronal, el RABV causa anomalías en varios neurotransmisores, como en serotonina, GABA y acetilcolina (Warrell & Warrell, 2004), además provoca disfunción de los canales sodio-potasio (Iwata, Komori, Unno, Minamoto, & Ohashi, 1999). Al mismo tiempo, el virus viaja a través de las vías parasimpáticas hacia las glándulas salivales y la piel (Jackson, 2007), sitios importantes para la transmisión de la enfermedad a otro huésped.

Conductualmente, el RABV provoca aumento de la cantidad de mordidas en los animales, así como hiperactividad, alucinaciones y convulsiones, efectos que pueden ser incrementados por estímulos de varios tipos ya sea visuales, auditivos o táctiles, tanto en humanos como en animales.

Un rasgo característico de la enfermedad es la hidrofobia y aerofobia. Esta condición se presenta debido a que los pacientes presentan espasmos de la laringe y faringe al ver agua o al pasar el aire

por su cara. La respiración también se ve afectada. En lugar de presentar una respiración rítmica, los pacientes tienen aleatoriamente movimientos inspiratorios.

Resolución de la enfermedad. El periodo neurológico agudo se extiende entre dos y siete días. El 99% de los pacientes que presentan la sintomatología neurológica de la rabia desencadenan en muerte. La misma puede deberse a afección respiratoria (Ross & Armentrout, 1962) o cardíaca (Maton, Pollard, & Davis, 1976). No obstante, la principal causa de los decesos es la parálisis difusa o simétrica, que se presenta en mayor medida en el área del inóculo. Puede presentarse muerte súbita o estado de coma. Alrededor del mundo solo tres casos han sido reportados como no fatales (Hattwick, Weis, Stechschulte, Baer, & Gregg, 1972); en estos casos los pacientes recibieron profilaxis pre exposición o posexposición antes del inicio de la fase neurológica.

Es posible erradicar la rabia

Para analizar el tema de la erradicación primero se establecerá cómo contrae la enfermedad la población. La rabia puede afectar a grupos de organismos, entre los que están los animales de sangre caliente. Los organismos infectados pueden transmitir la enfermedad a individuos de otras especies, a lo que se le denomina transmisión interespecífica o derrame (*spill-over*) (Oliveira Fahl et al., 2015; Rupprecht, Hanlon, & Hemachudha, 2002).

En 95% de los casos los seres humanos son infectados comúnmente por la mordedura de perros infectados (WHO, 2013), y la mayor prevención a nivel mundial se realiza haciendo frente a esta problemática mediante campañas de vacunación caninas a nivel mundial. Algo que se debe saber es que en algunos casos, la infección tiene lugar al contacto con murciélagos (Johnson et al., 2010). ¿Cuál es la situación de la rabia a nivel mundial?, con excepción de la Antártica, la rabia aqueja a todos los continentes (Oliveira Fahl et al., 2015; Rupprecht et al., 2008).

No obstante lo anterior, existen ciudades e incluso países que gracias a sus esfuerzos de prevención han logrado su erradicación. A continuación se proporciona una reseña de este panorama y los contratiempos que ha habido.

La Organización Mundial de la Salud (WHO, por sus siglas en inglés) (2010, 2013, 2017) menciona

que una nación que no tenga un caso de rabia humana o animal en un periodo de dos años puede proclamar el estatus de libre de rabia. Finlandia fue declarada libre de rabia por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) en 1991; sin embargo, se ha encontrado una tentativa nueva especie de *Lyssavirus* en este país (Nokireki et al., 2017), lo que de ser confirmado revertiría dicha declaratoria. A este respecto, los lugares que han alcanzado el estatus se mencionan a continuación.

África, Cabo Verde, Congo, Libia, Mauricio, Reunión y Seychelles están libres de rabia. En América, Antigua y Barbuda, Bahamas, Barbados,

Belice, Islas Malvinas, Jamaica, San Cristóbal y Nieves, Trinidad y Tobago, Uruguay. En Asia Bahrein, Chipre, Hong Kong, Japón, Malasia, Maldivas, Qatar, Singapur, Timor Oriental, el Archipiélago Laquedivas y las Islas Andamán y Nicobar de India. En Europa, Albania, Finlandia, Gibraltar, Grecia, Islandia, Isla de Man, Malta, Portugal, Reino de Noruega (excepto Svalbard), Reino Unido y España (excepto Melilla y Ceuta). En el grupo Oceanía islas como Fiji, Islas Cook, Vanuatu, Guam, Polinesia Francesa, Nueva Zelanda, Nueva Caledonia, Islas Salomón y Papúa Nueva Guinea también han obtenido el estatus de libre de rabia (tabla 2) (Singh et al., 2017; Yousaf et al., 2012).

Tabla 2
Países con estatus libre de rabia

África	Cabo Verde Congo Libia Mauricio Reunión Seychelles
América	Antigua y Barbuda Bahamas Barbados, Belice Islas Malvinas Jamaica San Cristóbal y Nieves Trinidad y Tobago Uruguay
Asia	Bahrein Chipre Hong Kong Japón Malasia Maldivas Qatar Singapur Timor Oriental El archipiélago Laquedivas y las Islas Andamán y Nicobar de India
Europa	Albania Finlandia Gibraltar Grecia Islandia Isla de Man Malta Portugal Reino de Noruega (excepto Svalbard) Reino Unido y España (excepto Melilla y Ceuta)
Oceanía	Islas Fiji Islas Cook Vanuatu Guam Polinesia Francesa Nueva Zelanda Nueva Caledonia Islas Salomón Papúa Nueva Guinea

Nota: Elaboración propia con base en Singh et al. (2017) y Yousaf et al. (2012).

No obstante haber alcanzado dicho estatus, el mismo puede perderse por situaciones como reintroducción a partir de naciones vecinas en individuos o animales infectados, provenientes de aquellas naciones en las que no se pongan en práctica de manera adecuada programas de vacunación de la fauna silvestre (Rose, 1999) y, por supuesto, de los animales de compañía (perros y gatos).

Un ejemplo se presentó en el Reino Unido, donde la rabia había sido proclamada erradicada en 1920 (Pounder, 2003); pero en 2002 un conservacionista de murciélagos contrajo rabia del tipo EBLV2, un tipo cuyo portador principal son murciélagos y al no recibir profilaxis posexposición falleció (Fooks et al., 2003), con lo cual el Reino Unido perdió el estatus.

Importancia de los murciélagos y su relación con la rabia

Los murciélagos pertenecen al orden Chiroptera, distribuido en prácticamente todo el planeta, a excepción de las regiones polares y oceánica (Oliveira Fahl et al., 2015). Los murciélagos viven en colonias que van desde algunos individuos a millares dependiendo de la especie. Junto con algunas de los órdenes Carnivora y Primates, las especies del orden Chiroptera juegan el rol más importante en el mantenimiento en circulación del virus de la rabia en la naturaleza (Velasco-Villa et al., 2017a).

Especies de murciélagos y alimentación. Existen en el mundo muchas especies de murciélagos y, asimismo, presentan preferencias alimenticias muy diversas, ya que pueden alimentarse, según la especie, de animales como peces, insectos, anfibios, pájaros y sangre, o de vegetales como frutos, hojas, semillas, flores, néctar y polen (Gardner, 1977).

Los hábitos hematófagos de algunas especies han generado mala reputación infundada de los murciélagos en general. Sin embargo, entre las muchas variedades del mundo solo tres especies pertenecientes a la familia Phyllostomidae, subfamilia Desmondotinae, son hematófagas. De estas tres especies, *Desmodus rotundus* es la más abundante (Greenhall, Joermann, & Schmidt, 1983). Este murciélago suele obtener la sangre a partir de cerdos, caballos y reses, y solo de manera esporádica la obtiene de humanos (Dos Reis, Peracchi, Pedro, & Lima, 2007).

Los murciélagos son imprescindibles para el ecosistema

Como ya se estableció solo una minoría de las especies de murciélagos son hematófagos. En contraposición, los murciélagos son responsables por la dispersión de semillas y la polinización de flores (Passos de Lima, dos Reis, Rodrigues Nogueira, & Filho, 2006). Esto se refleja en su extrema importancia en la reforestación de bosques (Whittaker & Jones, 1994). Por su parte, los insectívoros son los principales controladores naturales de plagas de artrópodos e insectos (Romano, Maidagan, & Pire, 1999), hecho que beneficia cuantiosamente a la producción agrícola mundial (figura 1). Otro papel de suma importancia que desempeñan los murciélagos es que, dada la gran diversidad de los murciélagos, así como de sus hábitos alimenticios, son indicadores de calidad ambiental.

En primera instancia se pensaba que solamente los murciélagos hematófagos representaban un problema de transmisión de la enfermedad, esta idea fue respaldada debido a que en zonas rurales los murciélagos hematófagos transmiten la rabia al ganado bovino, equino, caprino, ovino y porcino (Ivanete Kotait et al., 2007). Aun cuando dicha transmisión de la enfermedad representa una afección económica, así como de salud pública importante (Hanlon, Niezgodá, & Rupprecht, 2007), son las grandes pérdidas económicas por



Figura 1. *Lasiurus cinereus* Murciélago gris insectívoro. Los murciélagos insectívoros son los principales controladores naturales de plagas, lo que beneficia cuantiosamente a la producción agrícola mundial. No obstante, también pueden ser portadores y transmisores del virus de la rabia. Fotografía tomada por Martínez-Fonseca (2014).

el ganado infectado las que provocaron fijar la atención en los murciélagos hematófagos. Sin embargo, se han reportado casos de gatos y perros que han sido infectados con variantes de la rabia procedente de murciélagos no hematófagos. Esta condición puede deberse a que los murciélagos en general al ser especies pequeñas se vuelven presas de los animales de compañía, condición que puede incrementarse dado que los murciélagos que presentan la enfermedad tienen dificultades en el vuelo, lo que facilita su estado de presa y, por otro lado, algunos murciélagos enfermos presentan cambios en el comportamiento, lo que provoca ataques a animales, cuando de manera normal la especie podría no tener un comportamiento agresivo.

Desde hace algún tiempo se han analizado diversas especies de murciélagos y se han encontrado muchas no hematófagas que dan positivo a la presencia de virus de la rabia. Para 2010 eran 42 las especies conocidas de murciélagos infectadas con diferentes especies de virus de la rabia; en la actualidad se conocen más de 184 infectadas con el virus (Escobar, Townsend Peterson, Favi, Yung, & Medina-Vogel, 2015). Es cierto que no solo los murciélagos pueden ser infectados con los virus de la rabia, existen otros animales silvestres como zorrillos y zorros que pueden portar el virus. Los perros y murciélagos, tanto hematófagos como no hematófagos, son los principales transmisores de la enfermedad al ser humano (Oliveira Fahl et al., 2015).

Situación actual del combate de la rabia

En varios países alrededor del mundo la rabia ha sido declarada erradicada y en muchos otros se ha logrado el control de la transmisión en muy buenos niveles. Lo anterior se alcanza con los programas de vacunación antirrábica masiva de animales de compañía como perros y gatos adoptados en muchos países. México no es la excepción, el reporte "Situación de los casos de Rabia Canina" indica específicamente que "En México se destaca la eliminación de los casos de rabia humana de origen canino y la reducción significativa en los perros, ...", lo que lleva inmediatamente a pensar que existen otros orígenes de la rabia que continúan aquejando a la población (SSA, 2016).

En el mismo informe se menciona que esto es debido a la NOM-011-SSA2-2011 (SSA, 2011) para la prevención y control de la rabia humana y en los perros y gatos, lo que muestra que otras especies

infectadas y posibles transmisores de la rabia no han sido tratados con tanta atención o del todo.

Hacia la solución del problema

En 1885 Louis Pasteur fue el primer científico en desarrollar con éxito una vacuna contra la rabia. En la actualidad se emplean vacunas antirrábicas derivadas de cultivos celulares, en su mayoría a partir de células diploides humanas, diploides fetales de macaco de la India, Vero, primarias de embrión de pollo o huevos de pato embrionados. La manera de administración tanto a animales como humanos puede ser intramuscular o intradérmica (WHO, 2010). Para comprobar que la respuesta inmunológica del organismo ha sido exitosa, la OMS establece que se debe hacer un ensayo de los anticuerpos neutralizantes generados por el individuo vacunado y debe alcanzar un título mínimo de 0.5 IU/ml (WHO, 2013). En la actualidad, las vacunas se elaboran a partir del virus RABV, no obstante, se han realizado pruebas de protección cruzada con diferentes tipos de *Lyssavirus* y se ha encontrado que existen diferentes grados de protección (Horton et al., 2010; Liu et al., 2013; Malerczyk et al., 2014). En algunos casos como la especie *Mokola*, la protección cruzada con el resto de especies es inexistente.

Vacunar la fauna silvestre y erradicar de raíz la enfermedad

Desde 1960 se pensó en la vacunación de la fauna silvestre contra la rabia, por lo que se inició a probar la vacunación oral de carnívoros en la década de los 70. En las últimas décadas se han implementado programas para la vacunación del zorro rojo mediante la distribución de carnadas con la vacuna, lo que propició una enorme disminución de la rabia en Europa Oriental. Asimismo, se han implementado programas en EE. UU. enfocados en la vacunación de zorros grises (Velasco-Villa et al., 2017a), mapaches y coyotes, con resultados similares (Rupprecht, Hanlon, & Slate, 2004).

La vacunación de murciélagos representa otro reto, dado que no es muy factible colocar carnadas dirigidas específicamente a ellos, asimismo, la cantidad por colonia es muy elevada. Sin embargo, existen métodos de vacunación en aerosol que se han aplicado a la población humana y animal con éxito (Aerosol Vaccines for Tuberculosis Workshop Summary Group, 2015). Dado que la vacunación oral contra la rabia ha dado resultados positivos, la modalidad en aerosol representaría una vía de administración similar y, por tanto, es un método que

puede adoptarse para la vacunación masiva de especies, particularmente los murciélagos. De esta manera se podrá abordar de raíz la problemática de reincidencia de huéspedes infectados con rabia.

La vacunación en masa de murciélagos no ha sido nunca implementada, aunque se han publicado algunos estudios de vacunación a nivel experimental en ejemplares capturados y mantenidos en cautividad. Estos y otros estudios demuestran que la exposición de estos animales a RABV induce en muchos casos bajos o nulos títulos de anticuerpos. Aun así, se ha reportado que la vacunación de murciélagos por varias rutas de administración (tópica, oral e intramuscular) es capaz de proteger frente al desafío por el virus salvaje. Dado nuestro limitado conocimiento de la inmunología de los murciélagos en general y de la inmunidad frente a la rabia en particular, existe la necesidad en estos animales de definir correlatos de protección antes de emprender cualquier campaña de vacunación. La viabilidad de una vacunación en masa efectiva y escalable también ha de ser resuelta. Se necesitan, por tanto, estudios de campo y modelos epidemiológicos para determinar la cobertura mediante aerosolización, así como qué proporción de colonias debería ser tratada para reducir la circulación del virus en poblaciones de murciélagos (Fisher, Streicker, & Schnell, 2018).

DISCUSIÓN

La rabia es una enfermedad infectocontagiosa de alta prevalencia mundial (WHO, 2017). Resulta de particular interés su erradicación debido a que no posee cura una vez presentados los síntomas. En esta enfermedad, el paciente no solo pierde la vida, pasa por un proceso doloroso y estresante durante la progresión (Llamas López & Orozco Plascencia, 2009).

La erradicación de las enfermedades es un hecho factible. En 1980 la OMS confirmó la erradicación mundial de la primera enfermedad, la viruela, la única erradicada que afecta a humanos

(Aldunate, 2015); en el año 2011 se dio la erradicación de la peste bovina, que aqueja únicamente a animales (Organización Mundial de Sanidad Animal, 25 de mayo de 2010).

Con respecto a la rabia varios países han alcanzado la erradicación (Singh et al., 2017) y muchas otras están próximas a conseguirlo (WHO, 2017). No obstante, a la fecha este estatus de erradicación no es definitivo y en cualquier momento puede verse vulnerado por fallos en la contención de la enfermedad (Velasco-Villa et al., 2017a). Uno de los escenarios que escapan del alcance de las autoridades es la transmisión a partir de la fauna silvestre (Velasco-Villa et al., 2017b). Resulta de vital importancia preservar esta fauna, ya que su abatimiento generaría problemas mucho mayores del que se pretende erradicar (WHO, 2017; Zárate-Martínez, Serrato Díaz, & López-Wilchis, 2012). Un sector de la fauna silvestre que no ha recibido suficiente atención en cuanto a prevención de la afección estudiada son los murciélagos, lo anterior puede deberse a tratarse de una población de difícil acceso y manipulación, no obstante, se ha demostrado con éxito que existen programas que pueden seguirse para la vacunación de esta población, como lo es la vacunación mediante aerosoles. Dado lo antes descrito en este artículo, para alcanzar el objetivo mundial en erradicación de la rabia es preciso implementar con éxito campañas de vacunación en la población de estos quirópteros.

CONCLUSIONES

La rabia es una enfermedad mortal que tiene como principal factor de riesgo la transmisión interespecífica, puesto que todos los mamíferos pueden contraerla y transmitirla. Pese a los esfuerzos mundiales de vacunación de los animales de compañía, el estatus de erradicación no ha sido alcanzado. Lo anterior puede superarse mediante la vacunación de fauna silvestre, pero es preciso abarcar a todas las especies para una erradicación definitiva a nivel mundial.

REFERENCIAS

- Aerosol Vaccines for Tuberculosis Workshop Summary Group. (2015). Developing aerosol vaccines for Mycobacterium tuberculosis: Workshop Proceedings: National Institute of Allergy and Infectious Diseases, Bethesda, Maryland, USA, April 9, 2014. *Vaccine*, 33(26), 3038-3046. doi: 10.1016/j.vaccine.2015.03.060
- Aldunate, F. (2015). La erradicación de enfermedades en el mundo, es posible gracias a la inmunización. *Boletín de Farmacovigilancia Vacunas*, sección Ten Presente, 1.
- Bernard, K. W. (1984). Clinical rabies in humans. En W. G. Winkler (Ed.), *Rabies concepts for medical professionals*. Miami, FL, US: Merieux Institute.
- Dos Reis, N. R., Peracchi, A. L., Pedro, W. A., & Lima, I. P. (Eds.). (2007). *Morcegos do Brasil*. Londrina, Brasil: Universidade Estadual de Londrina.
- Escobar, L. E., Townsend Peterson, A., Favi, M., Yung, V., & Medina-Vogel, G. (2015). Bat-borne rabies in Latin America. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 57(1), 63-72. doi: 10.1590/S0036-46652015000100009
- Fisher, C. R., Streicker, D. G., & Schnell, M. J. (2018). The spread and evolution of rabies virus: Conquering new frontiers. *Nature Reviews Microbiology*, 16(4), 241-255.
- Fooks, A. R., McElhinney, L. M., Pounder, D. J., Finnegan, C. J., Mansfield, K., Johnson, N., . . . Nathwani, D. (2003). Case report: Isolation of a European bat lyssavirus type 2a from a fatal human case of rabies encephalitis. *Journal of Medical Virology*, 71(2), 281-289. doi:10.1002/jmv.10481
- Gardner, A. L. (1977). *Feeding habits* (II). Lubbock, US: Texas Tech Press.
- Greenhall, A. M., Joermann, G., & Schmidt, U. (1983). *Desmodus rotundus*. *Mammalian Species*, 202, 1-6.
- Hankins, D. G., & Rosekrans, J. A. (2004). Overview, prevention, and treatment of rabies. *Mayo Clinic Proceedings*, 79(5), 671-676. doi: 10.1016/S0025-6196(11)62291-X
- Hanlon, C. A., Niezgodna, M., & Rupprecht, C. E. (2007). Rabies in terrestrial animals En *Rabies* (2a. ed., pp. 201-258). San Diego, US: Academic Press.
- Hattwick, M. A., Weis, T. T., Stechschulte, C. J., Baer, G. M., & Gregg, M. B. (1972). Recovery from rabies. A case report. *Annals of Internal Medicine*, 76(6), 931-942.
- Horton, D. L., McElhinney, L. M., Marston, D. A., Wood, J. L., Russell, C. A., Lewis, N., . . . Smith, D. J. (2010). Quantifying antigenic relationships among the lyssaviruses. *Journal of Virology*, 84(22), 11841-11848. doi:10.1128/JVI.01153-10
- Hu, S. C., Hsu, C. L., Lee, M. S., Tu, Y. C., Chang, J. C., Wu, C. H., . . . Hsu, W. C. (2018). Lyssavirus in Japanese Pipistrelle, Taiwan. *Emerging Infectious Diseases*, 24(4), 782-785. doi:10.3201/eid2404.171696
- Iwata, M., Komori, S., Unno, T., Minamoto, N., & Ohashi, H. (1999). Modification of membrane currents in mouse neuroblastoma cells following infection with rabies virus. *British Journal of Pharmacology*, 126(8), 1691-1698. doi:10.1038/sj.bjp.0702473
- Jackson, A. C. (2007). Pathogenesis. En W. W. Jackson & W. H. Wunner (Eds.), *Rabies* (2a. ed., pp. 341-381). San Diego: Academic Press.
- Johnson, N., Vos, A., Freuling, C., Tordo, N., Fooks, A. R., & Muller, T. (2010). Human rabies due to lyssavirus infection of bat origin. *Veterinary Microbiology*, 142(3-4), 151-159. doi:10.1016/j.vetmic.2010.02.001
- Kotait, I., Carrieri, M. L., Carnieli, P., Galera Castilho, J., de Novaes Oliveira, R., Macedo, C. I., . . . Achkar, S. M. (2007). Wildlife reservoirs of rabies virus: A new challenge to a public health. *Boletim Epidemiológico Paulista*, 4(40), 2-8.
- Liu, Y., Chen, Q., Zhang, F., Zhang, S., Li, N., Lian, H., . . . Hu, R. (2013). Evaluation of rabies biologics against Irkut virus isolated in China. *Journal of Clinical Microbiology*, 51(11), 3499-3504. doi:10.1128/JCM.01565-13
- Llamas López, L., & Orozco Plascencia, E. (2009). Rabia: Infección viral del sistema nervioso central. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 10(3), 212-219.
- Madhusudana, S. N., Subha, S., Thankappan, U., & Ashwin, Y. B. (2012). Evaluation of a direct rapid immunohistochemical test (dRIT) for rapid diagnosis of rabies in animals and humans. *Virologica Sinica*, 27(5), 299-302. doi: 10.1007/s12250-012-3265-6
- Malerczyk, C., Freuling, C., Gniel, D., Giesen, A., Selhorst, T., & Muller, T. (2014). Cross-neutralization of antibodies induced by vaccination with Purified Chick Embryo Cell Vaccine (PCECV) against different Lyssavirus species. *Human Vaccines and Immunotherapeutics*, 10(10), 2799-2804. doi: 10.4161/21645515.2014.972741
- Martínez-Fonseca, J. G. (2014). *Lasiurus cinereus*. Murciélago gris [Fotografía]. En *Murciélagos de la región metropolitana de Santiago, Chile* (p. 31, 51 pp.). Chile: Seremi del Medio Ambiente Región Metropolitana de Santiago-Universidad Santo Tomás-Programa para la Conservación de los Murciélagos de Chile (PCMCh).
- Maton, P. N., Pollard, J. D., & Davis, J. N. (1976). Human rabies encephalomyelitis. *British Medical Journal*, 1(6017), 1038-1040.
- Nokireki, T., Jakava-Viljanen, M., Virtala, A. M., & Sihvonen, L. (2017). Efficacy of rabies vaccines in dogs and cats and protection in a mouse model against European bat lyssavirus type 2. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 59(1), 64. doi: 10.1186/s13028-017-0332-x

- Nokireki, T., Tammiranta, M., Kokkonen, U.-M., Kantala, T., & Gadd, T. (2018). Tentative novel lyssavirus in a bat in Finland. *Transboundary and Emerging Diseases*, 65(3), 593-596. doi: 10.1111/tbed.12833
- Oliveira Fahl, W., Estevez García, A. I., Achkar, S. M., Mori, E., Asano, K. M., Iamamoto, K., & Correa Ssheffer, K. (2015). Rabia transmitida por murciélagos en Brasil. *Acta Biológica Colombiana*, 20(3), 21-35. doi: 10.15446/abc.v20n3.45481
- Organización Mundial de Sanidad Animal. (25 de mayo de 2010). La peste bovina no matará más [Comunicado de prensa]. Recuperado de <http://www.oie.int/es/para-los-periodistas/comunicados-de-prensa/detalle/article/no-more-deaths-from-rinderpest/>
- Passos de Lima, I., dos Reis, N. R., Rodrigues Nogueira, M., & Filho, H. O. (2006). Capítulo 7. Orden Chiroptera. En N. R. Reis, A. L. Peracchi, W. A. Pedro, & I. P. Lima (Eds.), *Mamíferos do Brasil* (pp. 153-230). Londrina: Universidade Estadual de Londrina.
- Pounder, D. (2003). Bat rabies. *BMJ*, 326(7392), 726. doi:10.1136/bmj.326.7392.726
- Pulmanusahakul, R., Li, J., Schnell, M. J., & Dietzschold, B. (2008). The glycoprotein and the matrix protein of rabies virus affect pathogenicity by regulating viral replication and facilitating cell-to-cell spread. *Journal of Virology*, 82(5), 2330-2338. doi: 10.1128/JVI.02327-07
- Romano, M. C., Maidagan, J. I., & Pire, E. F. (1999). Behaviour and demography in urban colony of *Tadarida brasiliensis* (Chiroptera, Molossidae) in Rosario, Argentina. *Revista de Biología Tropical*, 47(4), 1121-1127.
- Rose, V. L. (1999). CDC issues revised guidelines for the prevention of human rabies. *American Family Physician*, 59(7), 2007-2008, 2013-2014.
- Ross, E., & Armentrout, S. A. (1962). Myocarditis associated with rabies. Report of a case. *The New England Journal of Medicine*, 266, 1087-1089. doi: 10.1056/NEJM196205242662105
- Rupprecht, C. E., Barrett, J., Briggs, D., Cliquet, F., Fooks, A. R., Lumlerdacha, B., . . . Wandeler, A. I. (2008). Can rabies be eradicated? *Development in Biological (Basel)*, 131, 95-121.
- Rupprecht, C. E., Hanlon, C. A., & Hemachudha, T. (2002). Rabies re-examined. *The Lancet Infectious Diseases*, 2(6), 327-343.
- Rupprecht, C. E., Hanlon, C. A., & Slate, D. (2004). Oral vaccination of wildlife against rabies: Opportunities and challenges in prevention and control. *Developments in Biologicals (Basel)*, 119, 173-184.
- Rupprecht, C. E., Stöhr, K., & Meredith, C. (2001). Chapter 1. Rabies. En E. S. Williams & I. K. Barker (Eds.), *Infectious disease of wild mammals* (pp. 3-36). Iowa: Iowa State University Press.
- Secretaría de Salud. (2011). Norma Oficial Mexicana NOM-011-SSA2-2011. *Diario Oficial de la Federación*, 8 de diciembre de 2011.
- _____ (2016). Situación de los casos de rabia canina. Rabia canina en México [Base de datos]. Recuperada de <https://www.gob.mx/salud/acciones-y-programas/situacion-de-los-casos-de-rabia-canina>
- Singh, R., Singh, K. P., Cherian, S., Saminathan, M., Kapoor, S., Manjunatha Reddy, G. B., . . . Dhama, K. (2017). Rabies-epidemiology, pathogenesis, public health concerns and advances in diagnosis and control: A comprehensive review. *Veterinary Quarterly*, 37(1), 212-251. doi: 10.1080/01652176.2017.1343516
- Velasco-Villa A., Escobar, L. E., Sánchez, A., Shi, M., Streicker, D. G., Gallardo-Romero, N. F., . . . Emerson, G. (2017a). Successful strategies implemented towards the elimination of canine rabies in the Western Hemisphere. *Antiviral Research*, 143, 1-12. doi: 10.1016/j.antiviral.2017.03.023
- Velasco-Villa, A., Mauldin, M. R., Shi, M., Escobar, L. E., Gallardo-Romero, N. F., Damon, I., . . . Emerson, G. (2017b). The history of rabies in the Western Hemisphere. *Antiviral Research*, 146, 221-232. doi: 10.1016/j.antiviral.2017.03.013
- Warrell, M. J., & Warrell, D. A. (2004). Rabies and other lyssavirus diseases. *The Lancet*, 363(9413), 959-969. doi: 10.1016/S0140-6736(04)15792-9
- Whittaker, R. J., & Jones, S. H. (1994). The role of frugivorous bats and birds in the rebuilding of a tropical forest ecosystem, Krakatau, Indonesia. *Journal of Biogeography*, 21(3), 245-258. doi: 10.2307/2845528
- World Health Organization. (2010). Updated WHO position paper on rabies vaccines [Documento en pdf]. Recuperado de http://www.who.int/immunization/Rabies_slides_Aug_2010.pdf
- _____ (2013). WHO expert consultation on rabies. Second Report. En *WHO Technical Report Series*. Switzerland: Autor. Recuperado de http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/85346/1/9789240690943_eng.pdf
- _____ (2017). 10 datos sobre la rabia [Serie de diapositivas]. Recuperada de <http://www.who.int/features/factfiles/rabies/es/>
- Yamaoka, S., Ito, N., Ohka, S., Kaneda, S., Nakamura, H., Agari, T., . . . Sugiyama, M. (2013). Involvement of the rabies virus phosphoprotein gene in neuroinvasiveness. *Journal of Virology*, 12327-12338.
- Yousaf, M. Z., Qasim, M., Zia, S., Khan, M. R., Ashfaq, U. A., & Khan, S. (2012). Rabies molecular virology, diagnosis, prevention and treatment. *Virology Journal*, 9, 50. doi: 10.1186/1743-422X-9-50
- Zárate-Martínez, D. G., Serrato Díaz, A., & López-Wilchis, R. (2012). Importancia ecológica de los murciélagos. *Contacto S*, 85, 19-27.