

Fauna Mammalia asociada a los focos de leishmaniasis neotropical. Situación en Venezuela

Adriana Reyes & Jazzmin Arrivillaga

La fauna potencial de hospedadores-reservorios de *Leishmania* en Venezuela es poco conocida. La elaboración de listado de mamíferos señalados como infectados en el neotrópico, puede servir de base para la creación de mapas de distribución de hospedadores vertebrados potenciales en Venezuela. Se ha demostrado que los roedores son los hospedadores naturales más frecuentes de la *Leishmania* en la región neotropical, lo cual es una evidencia biológica para considerar a los modelos murinos como ideales en estudios *in vivo* de la leishmaniasis. Los inventarios faunísticos en estudios de leishmaniasis, indican que las familias *Echimyidae*, *Cricetidae* y *Muridae* son las más representativas. Para Venezuela, algunas especies de los géneros *Oryzomys*, *Heteromys*, *Proechimys* y *Rattus* se citan como infectadas, sin embargo, especies de *Xenarthras*, *Didelphidae* y carnívoros silvestres, aunque no han sido señalados infectados con *Leishmania* en el país, tienen una importancia epidemiológica potencial, basado en su capacidad de hospedador susceptible, ecología, y distribución geográfica concordante con focos de leishmaniasis. La asociación de estos mamíferos como posibles hospedadores-reservorios, con la presencia de *Leishmania* y con vectores infectados debería ser explicada con base en la dinámica poblacional y ecología de estos eslabones, y de la enfermedad. No obstante, los estudios parasitológicos de reservorios se fundamentan solo en búsqueda de infección natural, y no en explicar su rol en el ciclo de transmisión. Estudios de ecología de poblaciones de mamíferos, deben ser obligatorios en áreas leishmaniasis, para la comprensión de la dinámica epidemiológica y en especial para el diseño estrategias multidisciplinarias más efectivas para el manejo de la enfermedad.

Palabras clave: leishmaniasis, mamíferos, roedores, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

El género *Leishmania* comprende hemoparásitos pertenecientes a la Familia Trypanosomatidae y al Orden Kinetoplastida, cuya principal característica estructural es la de poseer un organelo citoplasmático, el kinetoplasto (Cuba, 2000). Este protozooario del género *Leishmania* es el agente causal de la leishmaniasis, una zoonosis, de problema médico y veterinario, con el mayor impacto en salud pública, ya que afecta a millones de personas, se estima que ocurren cada año 2 millones de casos nuevos en todo el mundo, de los cuales 1,5 millones son de leishmaniasis cutánea (OPS, 2007; WHO, 2008).

Universidad Simón Bolívar. Departamento de Estudios Ambientales. Laboratorio de genética de poblaciones. Sección invertebrados. Ecología de Vectores. Valle de Sartenejas. Código Postal 89000, estado Miranda. Venezuela.

*Autor de correspondencia: jazzmin.arrivillaga@gmail.com

Existen varias hipótesis sobre el origen de la *Leishmania*, en donde se plantea el probable origen neotropical, con un *Endotrypanum* como parásito ancestro, el cual tenía como reservorio primario los perezosos (*Xenarthra*), también se ha sugerido al puerco espín (*Rodentia*, *Erethizontidae*) como reservorio ancestral, grupo que se dispersó infectado a través del estrecho de Bering hacia América. Pero la hipótesis más apoyada es la que dice que las especies del género *Leishmania* divergieron de una *Sauroleishmania*, originada por su adaptación en los vectores que variaron su alimentación de reptiles a pequeños mamíferos, lo que se apoya en características ecológicas, geológicas y evolutivas, asociadas con la radiación adaptativa de los roedores múridos (Kerr, 2000).

La leishmaniasis es considerada la cuarta enfermedad más importante del trópico, en Latinoamérica

esta enfermedad se ha convertido en un problema creciente ya que se reportan nuevos focos en áreas no endémicas (Hernández & Becker, 2006). En las Américas este padecimiento constituye un problema de salud pública debido a los altos costos económicos, sociales, culturales y psicológicos que representa para un territorio, el aumento en los focos epidémicos está asociado a la pobreza, por tal razón el manejo de la leishmaniasis ha sido difícil (Ampuero, 2000; OPS, 2006).

Esta zoonosis se distribuye en zonas rurales asociadas a zonas boscosas (bosque semideciduo) y sabanas, pero se ha reportado en áreas periurbanas y urbana donde es evidente la deforestación por urbanismo y cambio de uso de tierra (Arias *et al.*, 1996; Gonzales & Zerpa, 2004) siendo esta última un nuevo nicho ecológico para el desarrollo de la leishmaniasis visceral (Aguilar *et al.*, 1998). Las áreas leishmanicas endémicas presentan factores ecológicos (clima, humedad, temperatura y pluviosidad entre otros) y sociales (agricultura, especialmente plantaciones de café y cacao) que favorecen un incremento de la dinámica poblacional de los vectores (Cárdenas *et al.*, 2006). Los focos de alta endemicidad se presentan por lo general en bosques de tipo húmedo tropical y semideciduo, en regiones semiáridas y bosques altamente intervenidos por actividades agrícolas y de pastoreo (Arias *et al.*, 1996; González *et al.*, 2006). Esta enfermedad tiene amplia distribución en el neotrópico, la cual se extiende desde Texas hasta el Norte de Argentina (Ampuero, 2000; Guerra *et al.*, 2006; Sánchez *et al.*, 2004).

Las alteraciones en los ecosistemas naturales como la deforestación y el cambio de uso de tierra para el desarrollo agropecuario o actividades urbanas, han aumentando la incidencia (Rotureau, 2006a), todo esto sumado a cambios climáticos, al aumento de las temperaturas, el surgimiento de nuevos hospedadores susceptibles y de nuevas especies de vectores, que agravan aun más el problema de salud de los países pobres (Gallego, 2004). Igualmente el crecimiento de la población humana y los cambios socioeconómicos tal como suceden en Colombia, Brasil y Venezuela pueden influir en el aumento de la incidencia de leishmaniasis, otro factor que puede incidir en el cambio de la distribución geográfica y los patrones de la dinámica de transmisión (Gallego, 2004; Vásquez, 2006).

A pesar de conocerse la dinámica epidemiológica de esta enfermedad, se desconoce la

fauna hospedador-reservorio potencial, ya que son poco los inventarios parasitológicos de hospedadores vertebrados susceptibles a la infección por *Leishmania* spp. (De Lima *et al.*, 2006). La identificación de animales vertebrados susceptibles a la infección en condiciones naturales son de importancia en salud pública, por lo que el conocimiento de su biología, ecología, distribución geográfica es esencial para comprender mejor la interacción de los parásitos con sus hospedadores, y entender la especificidad co-adaptativa (ajuste microevolutivo recíproco) y co-evolutiva (ajuste macroevolutivo con reciprocidad, simultaneidad y cladogénesis) de las diferentes especies de *Leishmania* con las diferentes especies de vectores y vertebrados asociados a los focos de leishmaniasis cutánea, mucocutánea, difusa y visceral, todo esto con el fin de poder diseñar un modelo animal más conveniente y así diseñar estrategias de manejo de la enfermedad dentro de un contexto de salud humana, animal y ambiental (Mostafá *et al.*, 2006).

Los objetivos principales de este trabajo son inventariar los hospedadores vertebrados evaluados desde el punto de vista parasitológico en los distintos focos del Neotrópico, con base a la bibliografía disponible, revisar los registros de distribución para Venezuela, y evaluar cuales especies de vertebrados reportadas infectadas están bajo el criterio de IUCN (International Union for the Protection of Nature) para incorporar en las estrategias de manejo y conservación de fauna silvestres aspectos de salud animal y medidas sanitarias para el manejo de dichas poblaciones (Caraballo & Arrivillaga, 2009). Adicionalmente, evaluar si los modelos animales experimentales utilizados de forma convencional en estudios de leishmaniasis se ajustan a los modelos animales naturales, para análisis parasitológicos, inmunológicos y terapéuticos

INVENTARIO DE HOSPEDEROS MAMIFEROS INCRIMINADOS EN LA DINÁMICA DE TRANSMISIÓN DE LA LEISHMANIASIS NEOTROPICAL

Métodos de Colecta

Frecuentemente, en los focos de leishmaniasis, para la colecta de los vertebrados silvestres, y en especial para la captura de mamíferos pequeños, se emplea la técnica de captura viva con cebos de frutas o semillas, en trampas de tipo Sherman y Tomahawk

(De Lima *et al.*, 2002; Kerr, *et al.*, 2006; Marest & Ernest, 1995; Oliveira *et al.*, 2005). La manipulación de animales potencialmente infectados, involucra el manejo de normas de bioseguridad (Mills *et al.*, 1998) y normativas de ética para el manejo de animales (De Jesús, 2002; Demers *et al.*, 2006). En general los diferentes autores recomiendan seguir las normativas propuestas para el manejo de animales reseñada por la Organización Panamericana de la Salud (Mills *et al.*, 1998). Para el muestreo de mamíferos domésticos en áreas endémicas de leishmaniasis se recomienda visitar casa por casa y examinar cada animal doméstico con la ayuda del dueño, buscando señales clínicas visibles de leishmaniasis como lesiones cutáneas activas o cicatrizadas y nódulos con poco pelo, con aproximadamente $\geq 5\text{mm}$ (Medina *et al.*, 2002; Reithinger *et al.*, 2003).

Análisis parasitológicos

Los estudios de infección natural en mamíferos, involucran las técnicas convencionales y modernas en el diagnóstico *Leishmania* spp. Entre las que se reporta el uso de métodos parasitológicos directos como: (i) frotis de úlceras, lesiones de piel, por aposición de tejidos (bazo, hígado, medula) teñidos con Giemsa, los cuales evidencian las formas amastigotas (Torres, 1999; Sánchez *et al.*, 2004); (ii) cultivo: se hace un aislamiento directo de los parásitos en cultivos *in vitro* de tejido mucoso o cutáneo (biopsia), aspirado de lesión, material obtenido por punción, de medula ósea o bazo (Torres, 1999; Sánchez *et al.*, 2004); (iii) xenodiagnóstico: se emplean flebotomíneos libres de infección mantenidos en el laboratorio en colonias cerradas, las especies por excelencia en el Neotrópico es *Lutzomyia longipalpis* (la única especie neotropical fácilmente colonizable) (Torres, 1999) y también la inoculación de animales, como por ejemplo, *Mesocricetus auratus*, a fin de amplificar y aislar la *Leishmania* en un sistema *in vivo* experimental (Herrer, 1982).

Los métodos parasitológicos indirectos, son el uso de técnicas moleculares, que incluyen la extracción de ADN del parásito desde muestras de tejidos o lesiones, luego el ADN extraído sirve de molde para la amplificación de regiones específicas del genoma de *Leishmania* vía reacción en cadena de la polimerasa (PCR) (Alexander *et al.*, 1998; Llanos Cuentas *et al.*, 1999; Reithinger *et al.*, 2003). Finalmente, el uso de métodos inmunológicos se basan

en la detección de la *Leishmania* a través de anticuerpos específicos desarrollados como consecuencia de la enfermedad (Sánchez *et al.*, 2004). Siendo la más tradicionales inmunofluorescencia indirecta (IFI), pruebas enzimáticas Elisa de muestras de suero del mamífero colectado (Montoya, *et al.*, 1997; Torres, 1999) y el test serológico Dipstick, el cual se basa en la detección de anticuerpos contra un antígeno recombinante derivado de un 39 aminoácido, el cual se repite en *L. chagasi* (rK39) (Chappuis *et al.*, 2006).

LISTADO DE LOS PRINCIPALES GRUPOS DE MAMÍFEROS SILVESTRES CON INFECCIÓN NATURAL POR *Leishmania* spp.

En las Tablas I, II, III, IV, V y VI, se presentan los listados respectivamente de (i) roedores neotropicales, (ii) carnívoros neotropicales, (iii) Xenarthra (osos hormigueros, armadillos), (iv) didelfodomorfos, (v) lagomorfos y (vi) perisodáctilos neotropicales encontrados naturalmente infectados con *Leishmania* spp.

Con base a los estudios parasitológicos de las especies de mamíferos señaladas infectadas por *Leishmania* en el neotrópico (N= 63), el mayor porcentaje de infección natural lo presentan los roedores con un 62% del total de las especies señaladas (Fig. 1), mientras, aproximadamente un 14% son marsupiales, un 13% son carnívoros y un 8% Xenarthra (Kerdel-Vegas & Essensfeld-Yahr, 1966a; Canto *et al.*, 1999; Kerr, 2000; Lainson & Shaw, 1973).

En América Central, Colombia, Brasil, Perú, Argentina, Chile, Bolivia, Uruguay y Paraguay, la leishmaniasis tegumentaria (LC) es muy frecuente. En estos países se ha incriminado como hospedadores, a los roedores de los géneros: *Oryzomys*, *Zygodontomys* y *Heteromys* (Colazo & Castro, 1997). Diferentes autores indican que los roedores son los hospedadores susceptibles naturales y reservorios primarios de la *Leishmania* spp. (De Lima, *et al.*, 2002; Kerr *et al.*, 2006; Lainson & Shaw, 1973; Wallace & Pasvol, 2007; Zorretto, 2001).

Basado en la parasitemia y en el tiempo de duración de la lesión se propone que a menor permanencia de la lesión en el hospedador, mayor es la adaptación de este a la infección, posiblemente por la no activación de una adecuada respuesta inmunitaria

Tabla I. Listado de roedores neotropicales infectados.

Familia	Especie	IUCN	Ubicación geográfica	<i>Leishmania</i> spp.	Autor
	<i>Peromyscus yucatanicus</i> (=rostratus)	–	México (Península de Yucatán)	<i>L. mexicana</i>	Canto <i>et al.</i> , 1999
	<i>Ototylomys phyllotis</i>	LC	México, Belice, Guatemala (Península de Yucatán)	<i>L. mexicana</i>	Lainson & Shaw, 1973; Canto <i>et al.</i> , 1999
			México, (P. de Yucatán).	<i>L. mexicana</i>	Canto <i>et al.</i> , 1999.
	<i>Sigmodon hirsutus</i>	LC	México, Guatemala, Belice (P. de Yucatán)	<i>L. mexicana</i>	Lainson & Shaw, 1973
			Venezuela (Lara)	<i>L. ssp.</i> <i>L. braziliensis</i>	De Lima <i>et al.</i> , 2002
	<i>Rhipidomys leucodactylus</i>	LC	Brasil	<i>L. braziliensis</i>	Rotureau, 2006b
	<i>Neotoma micropus</i>	LC	Texas	<i>L. mexicana</i>	Raymond <i>et al.</i> , 2003; Kerr, 2000.
	<i>Neotoma albigula</i>	LC	Sur este de los EUA. (Arizona)	<i>L. mexicana</i>	Raymond <i>et al.</i> , 2003.
	<i>Oryzomys melanotis</i>	LC	México (península de Yucatán)	<i>L. mexicana</i>	Canto <i>et al.</i> , 1999.
	<i>Oryzomys nitidus</i>	LC	Bolivia (Amazonas)	<i>L. amazonensis</i>	Kerr <i>et al.</i> , 2006.
	<i>Oryzomys acritus</i>	LC	Bolivia (Amazonas)	<i>L. amazonensis</i>	Kerr <i>et al.</i> , 2006.
			Brasil (Amazonas). Panamá.	<i>L. amazonensis</i> <i>L. mexicana</i>	Lainson & Shaw, 1973
	<i>Oryzomys perenensis</i> (=megacephalus, capito)	LC	Bolivia (Cochabamba)	<i>L. amazonensis</i>	Kerr <i>et al.</i> , 2006; Rotureau, 2006b.
			Brasil (São Paulo), Ecuador, Venezuela, Bolivia, Paraguay y Colombia	<i>L. braziliensis.</i> (LC)	Forattini <i>et al.</i> , 1973; Lainson & Shaw, 1973
			Brasil (Amazonas, Nordeste)	LMC, <i>L. amazonensis</i>	Forattini <i>et al.</i> , 1973; Arias <i>et al.</i> , 1996.
	<i>Oryzomys subflavus</i>	LC	Brasil	<i>L. amazonensis</i>	Cantarino, 1998.
	<i>Oryzomys macconnelli</i>	LC	Brasil (Amazonas). Isla de Trinidad.	<i>L. sp.</i> <i>L. amazonensis</i>	Lainson & Shaw, 1973
	<i>Oecomys concolor</i>	LC	Brasil (Amazonas). oriente del Perú, Ecuador, Venezuela, Bolivia, Paraguay y Colombia	<i>L. braziliensis</i>	Lainson & Shaw, 1973
	<i>Nyctomys sumichrasti</i>	LC	México, Belice, Guatemala (P. de Yucatán)	<i>L. mexicana</i>	Lainson & Shaw, 1973
	<i>Oligoryzomys nigripes</i> (=delticola)	LC	Brasil (Amazonas). Ecuador, Bolivia, Paraguay y Colombia	<i>L. braziliensis</i>	Lainson & Shaw, 1973
		LC	Brasil (sur)	<i>L. tegumentaria</i>	Forattini <i>et al.</i> , 1972.
	<i>Phyllotis andinum</i>	LC	Perú (Andes)	<i>L. peruviana</i> (LC)	Llanos Cuentas <i>et al.</i> , 1999.
	<i>Akodon mollis</i>	LC	Área Andes	<i>L. peruviana</i>	Arias <i>et al.</i> , 1996
	<i>Necromys lasiurus</i> (=Akodon arviculoides, Bolomys lasiurus)	LR	Brasil, Ecuador, Bolivia, Paraguay y Colombia	<i>L. braziliensis.</i> (L.T.A)	Lainson & Shaw, 1973; Zorchetto, 2001.
			Sur de Brasil	<i>L. tegumentaria</i>	Forattini <i>et al.</i> , 1972.

Heteromyidae	<i>Heteromys desmarestianus</i>	LC	Belice, Guatemala, México (P. de Yukatan).	<i>L. mexicana</i>	Lainson & Shaw, 1973; Lainson 1997.
			Costa Rica	<i>L. braziliensis</i> <i>L. panamensis</i>	Zeledón <i>et al.</i> , 1977; Arias <i>et al.</i> , 1996.
	<i>Heteromys anomalus</i>	LC	Isla de Trinidad, Brasil (Amazonas) y Venezuela	<i>L. amazonensis</i> <i>L. pifanoi</i>	Lainson & Shaw, 1973; De Lima <i>et al.</i> , 2002.
	<i>Microryzomys minutus</i>	LR	Colombia (Andes)	<i>L. cutánea</i> <i>L. braziliensis</i>	Alexander <i>et al.</i> , 1998. De Lima <i>et al.</i> , 2002
	<i>Zygodontomys brevicauda</i> (=microtinus)	LR	Venezuela	<i>L. sp.</i>	Lainson & Shaw, 1973
<i>L. mexicana pifanoi</i>				Lainson & Shaw, 1973; Kerdel-Vegas, 1966b	
Muridae	<i>Melanomys caliginosus</i>	LC	norte de Colombia	<i>L. cutánea</i>	Lainson & Shaw, 1973
			Colombia (Andes)	<i>L. braziliensis.</i>	Alexander <i>et al.</i> , 1998.
	<i>Nectomys squamipes</i> (=Akodon subfuscus)	LC	Brasil (amazona)	<i>L. amazonensis</i>	Lainson & Shaw, 1973
			Colombia (Andes). Venezuela (Lara)	<i>L. braziliensis.</i> (LC)	Alexander <i>et al.</i> , 1998; Rotureau, 2006b.
			Venezuela (Andes)	<i>L. guyanensis</i>	De Lima <i>et al.</i> , 2006.
<i>Rattus rattus</i>	-	Brasil (Ceara, Baturite)	<i>L. braziliensis</i>	Zorchetto, 2001; De Lima <i>et al.</i> , 2002.	
		Venezuela (Lara)	<i>L. braziliensis,</i> <i>L. mexicana</i>	De Lima <i>et al.</i> , 2002.	
		Perú (Andes)	<i>L. peruviana</i> (LC).	Sánchez <i>et al.</i> , 2004.	
<i>Neacomys spinosus</i>	LC	Brasil (amazonas)	<i>L. amazonensis</i>	Lainson & Shaw, 1973	
<i>Proechimys cuvieri</i>	LC	Guayana Francesa	<i>L. amazonensis</i>	Rotureau, 2006b.	
Echimyidae	<i>Proechimys guyanensis</i>	LC	Brasil (Amazonas y Noreste)	<i>L. amazonensis</i>	Arias <i>et al.</i> , 1996; Lainson & Shaw, 1973; Lainson <i>et al.</i> , 1981; Rotureau, 2006b.
			Venezuela	<i>L. mexicana pifanoi</i>	Lainson & Shaw, 1973
			Brasil (Amazonas)	<i>L. guyanensis</i>	Lainson <i>et al.</i> , 1981.
<i>Proechimys dimidiatus</i>	LC	Brasil (Minas de Gerais)	<i>L. spp</i>	Arias <i>et al.</i> , 1996.	

Continúa en la página siguiente...

	<i>Thrichomys apereoides</i>	LC	Brasil	<i>L. amazonensis</i>	Cantarino, 1998.
Echimyidae	<i>Proechimys canicollis</i>	LC	Colombia (Caribe, Bosque seco, Bosque primario degradado)	<i>L. chagasi</i>	Travi, 2000; Lainson <i>et al.</i> , 2002. Rotureau, 2006b.
	<i>Proechimys semispinosus</i>	LC	Panamá. Norte y Sur de Colombia y Costas del Pacífico	<i>L. panamensis</i>	Cantarino, 1998; Lainson, 1973; Travi <i>et al.</i> , 2002.
	<i>Hoplomys gymnurus</i>	LC	Panamá. Norte y sur de Colombia	<i>L. panamensis</i>	Cantarino, 1998; Lainson & Shaw, 1973
Erethizontidae	<i>Coendou prehensilis</i>	LC	Noroeste de Brasil	<i>L. deanei</i>	Rotureau, 2006b.
	<i>Coendou rothschildi</i>	LC	Costa Rica	<i>L. hertigi</i>	Arias <i>et al.</i> , 1996.
Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	LC	Brasil (estado Pará)	<i>L. lainsoni</i>	Arias <i>et al.</i> , 1996.
Dasyproctidae	<i>Dasyprocta leporina</i>	-	Brasil (Amazonas)	<i>L. amazonensis</i>	Lainson <i>et al.</i> , 1981; Rotureau, 2006b.
Sciuridae	<i>Sciurus vulgaris</i>	LR/ nt	Ecuador (Andes)	<i>L. amazonensis</i>	Arias <i>et al.</i> , 1996.
	<i>Sciurus granatensis</i>	LC	Ecuador (costa Pacifica)	<i>L. equatorensis</i>	Grimaldi <i>et al.</i> , 1992.

LC: preocupación menor, LR: bajo riesgo, LR/nt: bajo riesgo/casi amenaza.

Tabla II. Listado de carnívoros neotropicales infectados.

Familia	Especie	IUCN	Ubicación geográfica	<i>Leishmania</i> spp.	Autor
Canidae	<i>Cerdocyon thous</i>	LC	Brasil (Amazonas)	<i>L. chagasi</i>	Lainson <i>et al.</i> , 2002.
			Brasil (Belén de Para)	<i>L. amazonensis</i>	Rotureau, 2006b.
			Brasil (Belén de Para)	<i>L. chagasi</i> (LV)	Rotureau, 2006b; Luppi <i>et al.</i> , 2008.
	<i>Canis familiaris</i>	-	Brasil (Amazonas)	<i>L. braziliensis</i>	Sánchez <i>et al.</i> , 2004.
			Costa Rica	<i>L. panamensis</i>	Arias <i>et al.</i> , 1996
			Perú (Andes)	<i>L. peruviana</i>	Lainson & Shaw, 1973
			Colombia (Caribe)	<i>L. chagasi</i> , (LV)	Romero & Sánchez, 2007; Travi, 2000; Zabala <i>et al.</i> , 2005. Lainson <i>et al.</i> , 2002.
			Venezuela (Costera), Brasil (Amazonas)		
			Perú (Andes), Colombia (llanos orientales),	<i>L. cutánea</i>	Reithinger <i>et al.</i> , 2003; Vazquez, 2006; Reithinger & Davies, 1999; Sánchez <i>et al.</i> , 2004.
			Perú (andes)	<i>L. peruviana</i>	Medina <i>et al.</i> , 2002.
<i>Lycalopex vetulus</i>	-	Brasil (Belo Horizonte)	<i>L. chagasi</i>	Luppi <i>et al.</i> , 2008.	
<i>Chrysocyon brachyurus</i>	NT	Brasil (Minas Gerais)	<i>L. sp</i> (LV)	Luppi <i>et al.</i> , 2008.	
<i>Spheotos venaticus</i>	EN	Brasil (Belo Horizonte)	<i>L. chagasi</i> (LV)	Luppi <i>et al.</i> , 2008.	
Procyonidae	<i>Potos flavus</i>	LC	Panamá	<i>L. braziliensis</i> ,	Lainson & Shaw, 1973
			Ecuador (Andes, Bolívar)	<i>L. amazonensis</i>	Arias <i>et al.</i> , 1996; Grimaldi <i>et al.</i> , 1992
			Guayana Francesa	<i>L. guyanensis</i>	Rotureau, 2006b
	<i>Bassaricyon gabbii</i>	LC	Panamá	<i>L. braziliensis</i>	Lainson, 1973
Felidae	<i>Felis domesticus</i>	-	Brasil (Belo horizonte, Minas Gerais), Venezuela	LCA	Reithinger & Davies, 1999

NT: casi amenazada, LC: preocupación menor, EN: en peligro, LR: bajo riesgo.

Tabla III. Listado de *Xenarthra* neotropicales infectados.

Familia	Especie	IUCN	Ubicación geográfica	<i>Leishmania</i> spp.	Autor
Megalonychidae	<i>Choloepus hoffmani</i>	NT	Colombia	<i>L. cutánea</i> (L. sp)	Romero & Sánchez, 2007.
			Panamá	<i>L. braziliensis</i>	Lainson & Shaw, 1973
			Ecuador (costa Pacífica)	<i>L. equatorensis</i>	Grimaldi <i>et al.</i> , 1992.
			Panamá, Norte y sur de Colombia	<i>L. panamensis</i>	Lainson & Shaw, 1973; Lainson, 1997.
			Sur de Colombia	<i>L. colombiensis</i>	Arias <i>et al.</i> , 1996.
	<i>Choloepus didactylus</i>	LC	Brasil (Amazonas), Guyana Francesa	<i>L. guyanensis</i>	Ampuero. 2000; Rotureau, 2006b; Guerra <i>et al.</i> , 2006; Arias <i>et al.</i> , 1996.
			Ecuador (Andes)	<i>L. equatorensis</i>	Arias <i>et al.</i> , 1996
	<i>Tamandúa tetradactyla</i>	LC	Brasil (Amazonas), Guayana Francesa	<i>L. guyanensis</i>	Lainson <i>et al.</i> , 1981; Rotureau, 2006b; Guerra <i>et al.</i> , 2006. Arias <i>et al.</i> , 1996.
			Ecuador (Andes)	<i>L. amazonensis</i>	Arias <i>et al.</i> , 1996.
			Sur- rio Amazonas	<i>L. shawi</i>	Arias <i>et al.</i> , 1996.
Colombia			<i>L. cutánea</i> (L. sp)	Romero & Sánchez, 2007.	
Bradypodidae	<i>Bradypus variegatus</i> (<i>griseus</i> , <i>infuscatus</i>)	LC	Panamá	<i>L. braziliensis</i>	Lainson & Shaw, 1973
			Panamá, Norte y sur de Colombia.	<i>L. panamensis</i> .	Lainson & Shaw, 1973; Lainson, 1997.
			Costa Rica	<i>L. panamensis</i>	Arias <i>et al.</i> , 1996.
				<i>L. guyanensis</i>	Rotureau, 2006b; Gramiccia & Gradoni, 2005; Arias <i>et al.</i> , 1996; Lainson, 1997.
Dasypodidae	<i>Dasypus novemcinctus</i>	LC	Brasil (Amazonas, Pará)	<i>L. naiffi</i>	

NT: casi amenazada, LC: preocupación menor.

Fig. 1. Distribución de *Leishmania* spp. en mamíferos de la región neotropical.

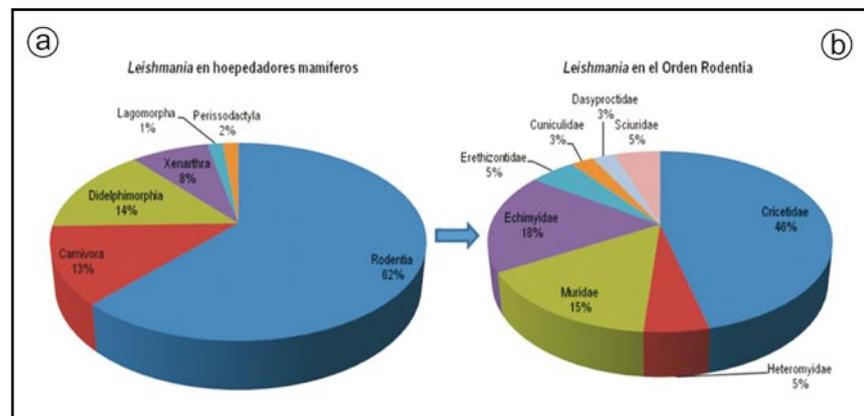


Tabla IV. Listado de didelfidomorfos neotropicales infectados.

Familia	Especie	IUCN	Ubicación geográfica	<i>Leishmania</i> spp.	Autor
Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	LC	Colombia (Andes, Caribe)	<i>L. chagasi</i>	Travi, 2000; Rotureau, 2006b.
			Colombia (Andes)	<i>L. braziliensis</i>	Alexander <i>et al.</i> , 1998.
			Guayana Francesa. Brasil (Amazonas),	<i>L. guyanensis</i>	Arias <i>et al.</i> , 1996; Lainson <i>et al.</i> , 1981.
				<i>L. amazonensis</i>	Lainson <i>et al.</i> , 1981; Rotureau, 2006b; Guerra <i>et al.</i> , 2006.
			Venezuela Zona Andes	LMC, <i>L. spp.</i>	Lugo & Scorza, 1982; Scorza <i>et al.</i> , 1986
			Colombia (Magdalena, Córdoba)	LV, <i>L. chagasi</i>	Arias <i>et al.</i> , 1996; Romero & Sánchez, 2007.
	<i>Philander opossum</i>	LC	Brasil (Amazonas)	<i>L. amazonensis</i>	Rotureau, 2006b.
	<i>Micoureus demerarae</i> (=cinérea paraguayana)	LC	Colombia (Andes)	<i>L. braziliensis</i>	Alexander <i>et al.</i> , 1998.
			Brasil (Amazonas)	<i>L. amazonensis</i>	Rotureau, 2006b.
	<i>Didelphis albiventris</i>	LC	Perú (Andes)	<i>L. peruviana</i> (LC).	Llanos Cuentas <i>et al.</i> , 1999; Sánchez <i>et al.</i> , 2004.
	<i>Marmosa murina</i>	L.C	Brasil (Amazonas)	<i>L. amazonensis</i>	Lainson, 1973.
	<i>Metachirus nudicaudatus</i>	L.C	Brasil (Amazonas)	<i>L. amazonensis</i>	Lainson <i>et al.</i> , 1981; Lainson & Shaw, 1973; Rotureau, 2006b.
	<i>Caluromys philander</i>	LR/nt	Trinidad	<i>L. amazonensis</i>	Rotureau, 2006b.
<i>Marmosa fuscata</i>	NT	Trinidad	<i>L. amazonensis</i>	Rotureau, 2006b.	
<i>Marmosa robinsoni</i> (=mittis)	LR/lc	Trinidad, Brasil (Amazonas)	<i>L. amazonensis</i>	Rotureau, 2006b; Lainson & Shaw, 1973	

NT: casi amenazada, LC: preocupación menor, EN: en peligro, LR: bajo riesgo, LR/nt: bajo riesgo/casi amenaza, LR/lc: bajo riesgo/menos preocupación.

Tabla V. Listado de lagomorfos neotropicales infectados.

Familia	Especie	IUCN	Ubicación geográfica	<i>Leishmania</i> spp.	Autor
Leporidae	<i>Sylvilagus braziliensis</i>	LC	Colombia (Andes)	<i>L. braziliensis</i>	Alexander <i>et al.</i> , 1998.

LC: preocupación menor.

Tabla VI. Listado de perisodáctilos neotropicales infectados.

Familia	Especie	IUCN	Ubicación geográfica	Leishmania	Autor
Equidae	<i>Equus asinus</i>	-	Venezuela (formación Lara)	<i>L. braziliensis</i>	Bonfante <i>et al.</i> , 1981
			Brasil (Belo Horizonte, Minas Gerais)	LCA	Reithinger & Davies, 1999.

(Cantarino, 1998). Otros autores, fundamentados en argumentos de ecología evolutiva, atribuyen el papel de los roedores en la dinámica de la leishmaniasis, al hecho que la distribución geográfica de un hospedador puede definir el área máxima donde una enfermedad puede ser endémica, es por eso que el éxito de diseminación de las diferentes especies de parásitos como *Leishmania* en los roedores puede deberse a la amplia distribución geográfica, alta tasa de crecimiento poblacional, éxito ecológico y a la gran diversidad genética que tiene este grupo de mamíferos (Spotorno *et al.*, 2000).

En Colombia y Venezuela se han señalado a *Sigmodon hirsutus* hospedador de *L. braziliensis* y *L. mexicana*, el hallazgo de esta especie infectada, es de gran valor pues se encuentra distribuida en áreas antrópicas, sobre todo en cultivos, donde hay reportes de la enfermedad por leishmaniasis cutánea (De Lima *et al.*, 2002). Los informes de infección de *Rattus rattus*, revisten una gran importancia en esta parasitosis, debido a que esta especie de roedor se ha reportado infectado con cuatro tipos diferente de *Leishmania* (ver listado de roedores).

Desde el punto de vista de la salud pública, algunas especies del género *Proechimys* han sido implicadas como reservorios silvestres de importantes parasitosis humanas en el trópico, como *Leishmania*, particularmente en las zonas boscosas de tierras bajas, pues estos tienen una alta tasa reproductiva y una amplia distribución de hábitat en el neotrópico (Travi *et al.*, 2000; Linares, 1998). Según publicaciones de otros investigadores el género *Proechimys* distribuido en zonas boscosas del Caribe y del Amazonas ha sido encontrado infectado por cinco especies diferentes de *Leishmania*. Sin embargo también se han señalado otros grupos de hospedadores diferentes a roedores, tales como, marsupiales y carnívoros (Fig. 1).

Especies mamíferos silvestres potencialmente de riesgo para la transmisión de la leishmaniasis en Venezuela

Las especies señaladas como infectadas por *Leishmania* en el neotrópico, y que se encuentran distribuidas geográficamente en Venezuela han sido poco estudiadas. Sin embargo, a pesar de los pocos estudios se han implicado a algunos mamíferos silvestres.

Del listado de familias de roedores señaladas para Venezuela, las más importantes son Cricetidae con un 80% de especies con infección natural reportada en el territorio, Muridae con un 40%; Echimyidae con un 50%; Canidae con 33,3%; Heteromyidae con un 100% y Didelphidae con un 12,5%, (los porcentajes se determinaron en base al total de especies de cada familia presentes en Venezuela y que se han encontrado con infección natural (Tabla VII).

Dentro de los roedores, algunas de las especies reportadas con leishmaniasis para el neotrópico, tienen una amplia distribución en el territorio venezolano (Tabla VIII), tales como, *Nectomys squamipes*, *Coendou prehensilis*, *Proechimys guyanensis*; *Oryzomys perenensis*, *Zygodontomys brevicauda* y *Heteromys anomalus* (De Lima *et al.*, 2002; Forattini *et al.*, 1973; Lainson & Shaw, 1973).

En general, para Venezuela, existen registros de distribución geográfica de especies de roedores que aunque no han sido reportadas con infección natural, en los pocos focos estudiados podrían tener un rol importante en la dinámica de la leishmaniasis, tales como *Microrozomys minutus*, *Melanomys caliginosus* y *Proechimys canicollis* (Tabla VIII), ya tienen una distribución geográfica que concuerda con los focos convencionales de LC por *L. braziliensis* y *L. mexicana* (Fig. 2), como ha sido señalado para otros países en el Neotrópico (Alexander *et al.*, 1998; De Lima *et al.*, 2002; Lainson *et al.*, 2002; Lainson & Shaw, 1973; Rotureau, 2006; Travi, 2000).

En el caso de los carnívoros solo se han señalado dos especies domésticas con infección natural por *Leishmania*, que son *Canis familiaris* (33,3%) y *Felis domesticus* (100%), con base al total de mamíferos infectados que están presentes en Venezuela (Tabla VII).

Sin embargo existen especies de carnívoros silvestres registradas pero no identificadas como hospedadoras de *Leishmania* en Venezuela, pero si en otras regiones del neotrópico, estas especies son *Cerdocyon thous*; *Speotus venaticus*; *Potos flavus* y *Bassaricyon gabbii* (Tabla II) (Lainson *et al.*, 2002; Lainson & Shaw, 1973; Luppi *et al.*, 2008; Reithinger & Davies, 1999; Romero & Sánchez, 2007; Rotureau, 2006b; Travi, 2000; Zabala *et al.*, 2005). Igualmente los perisodáctilos tampoco se señalan en la literatura,

Tabla VII. Distribución de fauna silvestre asociada a focos de leishmaniasis.

Orden	Familia	N° spp. Neotrópico	N° spp. Venezuela	N° spp. Inf. Venezuela	% Venezuela
Rodentia	Cricetidae	18	5	4	80
	Heteromyidae	2	1	1	100
	Muridae	6	5	2	40
	Echimyidae	7	2	1	50
	Erethizontidae	2	1	0	0
	Dasyproctidae	1	1	0	0
	Cuniculidae	1	0	0	0
	Sciuridae	2	1	0	0
	Canidae	5	3	1	33.3
Carnívora	Procyonidae	2	2	0	0
	Felidae	1	1	1	100
Didelphimorphia	Didelphidae	9	8	1	12.5
	Megalonychidae	3	3	0	0
Xenarthra	Bradyrodidae	1	1	0	0
	Dasyrodidae	1	1	0	0
Lagomorfa	Leporidae	1	1	0	0
Perisodáctila	Equidae	1	1	1	100
Total		63	37	10	

N° spp. Neotrópico: número de especies del neotrópico reportadas con infección de *Leishmania*; N° spp. Venezuela: especies de mamíferos que se han reportado infectadas en diferentes regiones del neotrópico y que se encuentran distribuidas para Venezuela; N° spp. Inf. Venezuela: mamíferos identificados con infección de *Leishmania* spp. en Venezuela; % Venezuela: porcentaje de especies que se han identificado en Venezuela como infectadas, a partir del total de especies presentes en el territorio y señaladas en otros países.

pero las especies domésticas como *Equus asinus* se han encontrado infectadas con el parásito en el país (Bonfante *et al.*, 1981).

Adicionalmente, otros grupos de vertebrados de interés serían los Lagomorpha con la especie *Sylvilagus brasiliensis* y los Xenarthra con las especies *Choleopus didactylus*, *Tamandua tetradactyla*, *Dasyopus novemcinctus* y *Bradypus variegatus* (no reportadas infectadas en el país), las cuales tienen una amplia distribución en el territorio venezolano que coincide con los focos de leishmaniasis (Tabla VIII).

Otros mamíferos como *Choleopus hoffmani* y *Didelphis albiventris* a pesar de tener una restringida distribución en el territorio (Tabla VIII), se encuentran distribuidos en áreas señaladas como focos de *Leishmania* (Llanos Cuentas *et al.*, 1999; Lainson & Shaw, 1973; Lainson, 1997; Linares, 1998; Sánchez *et al.*, 2004), lo que puede indicar una relación en la dinámica ecológica de la enfermedad, por tal razón tienen un interés epidemiológico.

Aspectos ecológicos de la parasitosis y de los mamíferos incriminados en Venezuela

En la región Andina Venezolana la leishmaniasis es bimodal, con dos picos uno en periodos de lluvia y otro en post lluvia, para el resto del país es unimodal, se da en el periodo de sequía. Esta enfermedad es asociada a bosques semidecuidos, zonas semiáridas, pie de monte, áreas de cultivo (cafetales, maíz y cacao), donde se dan las condiciones ecológicas para el mantenimiento de la parasitosis (Leonett, 2007). Mayormente, el pico de transmisión comienza posterior a las lluvias, lo cual está correlacionado con la abundancia de la población de vectores entre Octubre-Noviembre (Bonfante *et al.*, 2007).

Son pocos los estudios ecológicos sobre los hospedadores susceptibles asociados a los focos en Venezuela. Sin embargo en los Andes el aumento de la densidad poblacional de algunos *Proechimys* y marsupiales podría correlacionarse con la dinámica de *Lutzomyia youngi*. Estudios ecológicos de pequeños

Tabla VIII. Distribución geográfica de mamíferos reportados con *Leishmania* spp. presentes en Venezuela*.

Especie	CC	CO	SC	LM	LA	LL	SD	SO	LI
<i>N. scuamipes</i>		*		*	*		*	*	
<i>O. macconelli</i>								*	
<i>M. caliginosus</i>				*	*				
<i>M. minutus</i>	*	*			*				
<i>P. cuvieri</i>								*	
<i>P. canicollis</i>				*					
<i>C. prehensilis</i>	*	*			*	*	*	*	
<i>C. thous</i>	*	*	*	*		*			
<i>S. venaticus</i>	*							*	
<i>P. flavus</i>	*	*		*	*		*	*	
<i>B. gabbii</i>								*	
<i>P. opossum</i>				*	*		*	*	
<i>D. marsupialis</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>M. demerarae</i>	*	*			*		*	*	
<i>D. albiventri</i>					*				
<i>M. murina</i>	*	*		*			*	*	
<i>M. nudicaudata</i>				*	*		*	*	
<i>C. philander</i>	*	*					*	*	*
<i>M. robinsoni</i>	*	*	*	*	*	*			*
<i>C. didactylus</i>							*	*	
<i>C. hoffmani</i>				*	*				
<i>T. tetradactyla</i>	*	*	*			*	*	*	
<i>D. novemcinctus</i>	*	*	*	*	*	*		*	*
<i>B. variegatus</i>	*			*	*			*	*

*Especies de mamíferos reportados infectados con *Leishmania* spp. en el neotrópico y que se encuentran distribuidos en el territorio venezolano según regiones geográficas (ver Fig. 2). CC (Cord. Central), CO (Cord. Oriental), SC (Sist. Coriano), LM (Lago de Maracaibo), LA (Los Andes), LL (Los Llanos), SD (Sist. Deltaico), SO (Sur del Orinoco), LI (Las Islas). (Tabla construida por los autores del presente trabajo con base en la literatura disponible para las especies citadas)

mamíferos del bosque tropical húmedo en la región Andina, indican a estos dos grupos como los más dominantes (Durant *et al.*, 1996). *Didelphis marsupialis* tiene dos camadas por año, con picos de reproducción de Enero-Marzo y Abril-Junio (Cabello, 2006), el segundo pico reproductivo coincide con el final de la estación seca y comienzo de las primeras lluvias. Las especies de casiraguas, ratas espinosas (*Proechimys*) también presentan dos picos reproductivos en el año, uno de estos se da a finales de la estación seca y comienzos de las primeras lluvias y el otro a finales de la estación lluviosa (Durant & Arellano, 2000).

En los bosques de tierras bajas, ciertas especies de *Proechimys* comienzan su periodo reproductivo a mediados de la estación seca, aumento el número de juveniles al inicio

de las lluvias (Aguilera, 1999) correlacionándose con la dinámica ecológica del vector mas abundante en la región Andina. La fase final de la estación de lluvias coincide con un aumento de la población de casiraguas juveniles en el bosque seco tropical a mediados de Septiembre (Durant & Arellano, 2000).

En otra áreas con características ecológicas diferentes a la Andina, los focos leishmanicos se reportan a finales de la estación lluviosa (Octubre – Noviembre) (Beauchamp & Torres, 2001). Una de las especies mas abundantes y con amplia distribución en el territorio es *Z. brevicauda*, esta especie está muy asociada a las áreas rurales con cultivos y sabana, sus densidades poblacionales aumenta con la llegada de las lluvias, los mayores picos reproductivos se

observan en Marzo y Julio, a finales de las lluvias la densidad de adultos aumenta significativamente. De manera general la alta densidad poblacional de la mayoría de los roedores como *Oryzomys* y *Sigmodon* se correlaciona con el inicio de las lluvias locales y contrasta con el bajo número de individuos en la estación seca (Durant *et al.*, 1996; Pedreros, 1992). Sin embargo, se desconoce la dinámica poblacional de los vertebrados asociados a los focos de la enfermedad en Venezuela.

El desequilibrio ecológico provocado por el hombre al alterar los ecosistemas naturales, establecer monocultivos y destruir los hábitat de los depredadores de roedores, unido a otros fenómenos naturales como inundaciones y cambio climático, han provocado el incremento de poblaciones, aumento en las áreas de dispersión, cambios en las distribuciones altitudinales de especies de roedores, siendo las más frecuentes *Oryzomys*, *Sigmodon* y *Rattus* (Colazo & Castro, 1997), lo que tiene impacto en la dinámica de patógenos asociados a estos hospedadores por co-adaptación y co-evolución, lo cual no ha sido evaluado.

Modelos animales experimentales en el estudio de la leishmaniasis

Las especies experimentales frecuentemente utilizadas son cepas de ratones (*Mus musculus*) BALB/c y C57BL/6. El fenotipo BALB/c es mucho más susceptible inmunológicamente a la infección por *Leishmania*, y es más fácil diagnosticar la infección en caso de leishmaniasis cutánea (Torrealba *et al.*, 1972; Brodie *et al.*, 2007; De Moura *et al.*, 2005; Géigel *et al.*, 2006; Herrero, 1982; Soares *et al.*, 1998). Sin embargo, en el caso de la leishmaniasis visceral los modelos animales más usados son los hámster (*Mesocricetus auratus* y *Cricetulus griseus*), perros (callejeros, mestizos y Beagle) y monos (*Aotus trivirgatus*, *Saimiri sciureus*, *Macaca* spp, *M. mulatta*, *M. fascicularis* y *M. nemestrina*) (Garg & Dube, 2006; Oliveira *et al.*, 2004; Wasserberg *et al.*, 2002).

Algunos trabajos realizados con animales de experimentación, plantean que los ratones no son los modelos ideales para ensayos con este protozoo, ya que no reproducen las características de la leishmaniasis activa que se da en humanos, debido a que una vez que el ratón muestra un rápido aumento de la densidad parasitaria este induce a una respuesta celular específica capaz de modular la infección (Cuba, 2000; Géigel *et al.*, 2006).

Los estudios parasitológicos en campo han demostrado que los roedores son los grupos de mamíferos pequeños frecuentemente infectados de forma natural, lo cual es una evidencia reconciliadora con los diseños experimentales, que propone a los modelos murinos como una herramienta importante para evidenciar los mecanismos patogénicos derivados de la infección por *Leishmania* spp. (Lehmann & Alber, 1998; De Moura *et al.*, 2005), a pesar de no incluir, los hospedadores-reservorios naturales, pertenecientes a los géneros *Oryzomys*, *Sigmodon* y *Proechimys*. Existen trabajos experimentales realizados en Colombia, efectuados con ratas espinosas (*Proechimys semispinosus*) sanas, las cuales fueron colectados en un foco para los ensayos de infección natural. Los resultados evidenciaron que hay una susceptibilidad a la infección de *L. panamensis* y *L. infantum* (= *L. chagasi*), en conclusión los autores sugieren que ciertas especies silvestres pueden ser empleadas en estudios experimentales de la leishmaniasis (Travi *et al.*, 2002). Se han realizado también infecciones experimentales con *L. braziliensis* en mamíferos silvestres, como *D. marsupialis* lo cual sugiere que esta especie puede ser un potencial reservorio primario de la *Leishmania* en la zona andina Venezolana (Scorza *et al.*, 1986), y que puedes ser utilizado como modelo experimental.

Estatus de las especies de mamíferos infectadas según las categorías de la IUCN

La mayoría de las especies reportadas como hospedadoras de *Leishmania* en el neotrópico al parecer tienen un estatus poblacional estable (LC), pero existen dos especies en criterio de amenaza que son extremadamente raras (CR) como algunos canidos (*Speotus venaticus* y *Chrysocyon brachyurus*) roedores (*Sciurus vulgaris*) (ver listado de mamíferos). Conocer el estatus de una población de mamíferos según la IUCN e infectada por *Leishmania*, es de gran importancia, pues advierte de la precaución sanitaria de manejar especies silvestres, de considerar causales de reducción poblacional por enfermedades infecciosas transmisibles (efecto de cuello de botella, características del factor de histocompatibilidad mayor en poblaciones endogámicas o exogámicas con riesgo de infección parasitaria). En especial dentro del contexto del presente trabajo porque en salud pública la eliminación del reservorio, es una de las estrategias para el manejo y prevención de enfermedades metaxénicas en humanos, como se hace en leishmaniasis cuando se eliminan a los perros domésticos positivos en las campañas sanitarias (Romero *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

Los hospedadores susceptibles frecuentemente infectados naturalmente en el neotrópico son los roedores, los géneros más representativos de los roedores son: *Oryzomys*, *Heteromys*, *Proechimys* y *Rattus*, infectados principalmente con *Leishmania mexicana*, *L. braziliensis* y *L. amazonensis*. Por lo que los modelos experimentales animales de leishmaniasis que incluyen roedores son idóneos.

Adicionalmente, las poblaciones de fauna silvestre señaladas como hospedadores-reservorios en su mayoría están en criterio estable según IUCN. Sin embargo, es necesario monitorear a las poblaciones silvestres comprobadas como hospedadores-reservorios por *Leishmania*, porque sus poblaciones son susceptibles a cuellos de botella por la infección parasitaria *per se*, disminución de la diversidad genética por efecto de endogamia que genera menor resistencia a parásitos por el factor de histocompatibilidad mayor, a fin de contar con factores de riesgo extrínsecos en biología de la conservación que deben considerarse al evaluar la categoría de riesgo para la especie silvestre según la IUCN, cuando se toman medidas preventivas o de manejo para enfermedades humanas como eliminación de reservorios.

En líneas generales, muchos de los estudios parasitológicos que se ejecutan en fauna silvestre hospedadora no son lo suficientemente exitosos, debido a que los métodos empleados en la colecta de estos no son muy adecuados o no están optimizados según las características de la localidad y época de colecta, por lo que existe la necesidad obligatoria de incluir mastozoólogos y médicos veterinarios en los estudios de salud pública. En el caso particular de Venezuela, los estudios de inventarios de fauna por infección de *Leishmania* deben enfatizarse y dirigirse en primera instancia al estudio de roedores y marsupiales, dado a que son frecuentemente señalados reservorios primarios en países con dinámica de transmisión similar a Venezuela.

AGRADECIMIENTO

Los autores extienden sus agradecimientos a Marisol Aguilera, Pedro Aso, Henry Caballero y Juan Carlos Navarro por los comentarios al texto. Proyecto FONACIT S1-2001000688.

Mammalia fauna associated to foci of neotropical leishmaniasis. Situation in Venezuela.

SUMMARY

The potential host-reservoir fauna for *Leishmania* in Venezuela is not well known. The infected mammals checklist for the neotropical region, can be useful as base of design of distribution maps for potential hosts in Venezuela. Rodents are the most important hosts for *Leishmania* in the neotropics, which is a biological evidence for the use of murine models for *in vivo* studies in leishmaniasis. The animal surveys in leishmaniasis studies have shown that the families Echimyidae, Cricetidae and Muridae are the most representative hosts. In Venezuela, species belonging to *Oryzomys*, *Heteromys*, *Proechimys* and *Rattus* genera have been reported as infected by *Leishmania*. However, species of Xenarthra, Didelphyidae and wild carnivores have not been reported infected, and these are potentially epidemiological important, based on their susceptible host capacity, their ecology and the congruent geographical distribution with leishmaniasis foci. The association of these mammals as potential hosts-reservoirs with the occurrence of *Leishmania* and also with the infected vectors must be explained based on the population dynamics and ecology of these links and the disease. Nevertheless, the parasitological studies on reservoirs are supported in the search of natural infection only, without finding their role in the transmission cycle. Population ecology studies in mammals must be mandatory in leishmaniasis areas, in order to understand the epidemiological dynamic and especially to design more effective multidisciplinary strategies for the disease management.

Key words: leishmaniasis, mammals, rodents, Venezuela.

REFERENCIAS

- Aguilar C. M., Fernández E., Fernandez R., Cannova D., Ferrer E., Cabrera Z., Souza W. J. S. & Coutinho S. G. (1998). Urban Visceral Leishmaniasis in Venezuela. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **93**: 15-16.
- Aguilera M. (1999). Population ecology of *Proechimys guairae* (Rodentia, Echimyidae). *J. Mammal.* **80**: 487-498.

- Alexander B., Lozano C., Barker D., McCann S. & Adler G. (1998). Detection of *Leishmania (Viannia) braziliensis* complex in wild mammals from Colombian coffee plantations by PCR and DNA hybridization. *Acta Trop.* **69**: 41-51.
- Ampuero J. (2000). *Leishmaniasis*. Módulos Técnicos. Serie Documentos Monográficos N° 8. MINSA. Lima, Perú.
- Arias J., Beltrán F., Desjeux P. & Walton B. (1996). *Epidemiología y control de la leishmaniasis en las Américas*. Cuaderno Técnico N° 44. OPS. Washington, USA.
- Beauchamp D. & Torres R. (2001). Caracterización de un brote de leishmaniasis cutánea. Estado Zulia. *Kasmera*. **29**: 29-50.
- Bonfante-Garrido R., Melendez E., Torres R., Morillo N., Arredondo C. & Urdaneta I. (1981). Enzootic equine cutaneous leishmaniasis in Venezuela. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* **75**: 471.
- Bonfante G. R. (1996). Leishmaniasis in Venezuela. *J. Parasit. Dis.* **20**: 69.
- Bonfante G. R., Urdaneta R., Urdaneta I., Rodríguez R. & Perdomo R. (2007). Flebotominos en dos focos endémicos de leishmaniasis visceral Americana en el municipio Torres, Estado Lara, Venezuela. *Rev. Cient.* **17**: 173-177.
- Brodie T., Matthew S., Morris R. & Titus R. (2007). Immunomodulatory effects of the *Lutzomyia longipalpis* salivary gland protein Maxadilan on mouse macrophages. *Infect. & Immunity*. **75**: 2359-2365.
- Cabello D. (2006). Reproduction of *Didelphis marsupialis* (Didelphimorphia: Didelphidae) in the Venezuelan Andes. *Acta Theriologica*. **51**: 427-433.
- Cantarino L. M. (1998). *Leishmaniose Tegumentar Americana: Uso de Técnicas da Biologia Molecular (PCR) no Diagnóstico de Infecção em Roedores de Coleção do Museu Nacional – UFRJ*. Dissertação. ENSP – FIOCRUZ. Rio de Janeiro. 70p. (Dissertacao mestrado). Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saude Pública, Brasil.
- Canto S., Wynsberghe N., González A., Ojeda F. & Andrade F. (1999). Use of monoclonal antibodies for the identification of *Leishmania* spp. isolated from humans and wild rodents in the state of Campeche, Mexico. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*. **94**: 305-309.
- Caraballo V. & Arrivillaga J. (2009). Medicina de la Conservación. *Rev. Biomédica*. **20**: 55-67.
- Cárdenas R., Sandoval C., Rodríguez A. & Paredes C. (2006). Impact of climate variability in the occurrence of leishmaniasis in northeastern Colombia. *Am. Soc. Trop. Med. Hyg.* **75**: 273-277.
- Chappuis F., Rijal S., Kant U., Desjeux P., Singh B., Koirala S. *et al.* (2006). Field validity, reproducibility and feasibility of diagnostic tests for visceral leishmaniasis in rural Nepal. *Trop. Med. Int. Health*. **2**: 31-40.
- Colazo R. & Castro J. (1997). Los roedores dañinos: Algunos aspectos del control químico y bacteriológico. *Rev. Inv. Pec. IVITA*. **8**: 1-9.
- Cuba C. A. (2000). Diagnostico parasitológico de la leishmaniasis tegumentaria americana. *Rev. Med. Exp.* **17**: 1-4.
- De Jesús R. (2002). Bioética animal en Venezuela. *Rev. Fac. Farmacia*. **43**: 43-46.
- De Lima H., De Guglielmo Z., Rodríguez A., Convit J. & Rodríguez N. (2002). Cotton rats (*Sigmodon hispidus*) and black rats (*Rattus Rattus*) as possible reservoirs of *Leishmania* spp. in Lara state, Venezuela. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*. **97**: 169-174.
- De Lima H., Carrero J., Rodríguez A., Guglielmo Z. & Rodríguez N. (2006). Trypanosomatidae de importancia en salud pública en animales silvestres y sinantrópicos en un área del municipio Tovar del estado Mérida Venezuela. *Biomédica*. **26**: 42-50.
- Demers G., Griffin G., De Vrohey G., Haywood J., Zurlo J. & Bédard M. (2006). Harmonization of

- Animal Care and Use Guidance. *Science*. **312**: 700-701.
- De Moura T., Novais F., Oliveira F., Clarencio J., Noronha A., Barral A., Brodskyn C. & Oliveira C. (2005). Toward a novel experimental model of infection to study American cutaneous leishmaniasis caused by *Leishmania braziliensis*. *Infect. Immun.* **73**: 5827-5834.
- Don E. W. & Dee Ann M. R. (2005). *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*. JHU Press. 3rd ed. Vol 1. Baltimore, Maryland, USA.
- Durant P., & Arellano E. (2000). Ecological aspects of casiraguas or Siringos *Proechimys* sp. (Rodentia, Hystricomorpha, Echimyidae) from the bosque Caimital, state of Barinas, Venezuela. *Rev. Ecol. Lat. Am.* **6**: 01-13.
- Durant P., Díaz A. & Díaz A. (1996). Informaciones ecológicas en dos poblaciones de *Zygodontomys microtinus* (Rodentia, Cricetidae) ubicadas en la cuenca baja de los ríos Escalante (estado Zulia) y Chama (estado Mérida). *Zoocriaderos*. **1**: 21-32.
- Forattini O. P., Pattoli B. D., Rabello E. X. & Ferreira. O. A. (1972). Infecções naturais de mamíferos silvestres em área de leishmaniose tegumentar do estado de São Paulo, Brasil. *Rev. Saúde Públ.* **6**: 255-261.
- Forattini O. P., Pattoli B. D., Rabello E. X. & Ferreira. O. A. (1973). Nota sobre infecção natural de *Oryzomys capito laticeps* em foco enzoótico de Leishmaniose tegumentar no estado de São Paulo, Brasil. *Rev. Saúde Públ.* **7**: 181-4.
- Gallegos M. (2004). Zoonosis emergentes por patógenos parásitos: las leishmaniosis. *Rev. Sci. Tech.* **23**: 661-676.
- Garg R. & Dube A. (2006). Animal models for vaccine studies for visceral leishmaniasis. *Indian J Med. Res.* **12**: 439-454.
- Géigel L. F., Montalvo A. M., Montano I., Monzote L., López M. C., Paz V. C. *et al.* (2006). *Hámster dorado como modelo experimental de la leishmaniasis visceral*. VIII Congreso Virtual Hispanoamericano de Anatomía Patológica. Patología enfermedades infecciosas. Documento en línea: <http://conganat.cs.urjc.es>. (Consultado: 2008, Octubre 10).
- González F. & Zerpa O. (2004). Leishmaniasis cutánea en la infancia. *Dermatol. Pediatr. Lat.* **2**: 97-108.
- González C., Cabrera O., Munstermann L. & Ferro C. (2006). Distribución de los vectores de *Leishmania infantum* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) en Colombia. *Biomédica*. **26**: 64-72.
- Gramiccia M. & Gradoni L. (2005). The current status of leishmaniasis and approaches to disease control. *Int. J. Parasitol.* **35**: 1169-1180.
- Grimaldi G., Kreutzer R., Hashiguchi Y., Gomez E., Mimory T. & Tesh R. (1992). Description of *Leishmania equatorensis* sp.n. (Kinetoplastida: Trypanosomatidae), a new parasite infecting arboreal mammals in Ecuador. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*. **87**: 221-228.
- Guerra J. A., Ribeiro J. A., Coehlo L. I., Barbosa M. G. & Pães M. (2006). Epidemiologia da leishmaniose tegumentar na Comunidade São João, Manaus, Amazonas, Brasil. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro. **22**: 2319-2327.
- Hernández J. & Becker I. (2006). Linfocitos T citotóxicos CD8+ en la leishmaniasis cutánea. *Salud Pub. Méx.* **48**: 430-439.
- Herrer A. (1982). Empleo del hámster dorado como animal centinela en las localidades donde es endémica la uta (leishmaniasis tegumentaria). *Rev. Inst. Med. Trop.* **24**: 162 -167.
- Kerdel-Vegas F. & Essensfeld-Yahr E. (1966a). American leishmaniasis in a field rodent. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.* **60**: 563.
- Kerdel-Vegas F., Conde-Jahn F., Essensfeld-Yahr E., Henriquez Angueza J. J., Machado-Allison C. E., Darricarrere R. *et al.* (1966b). Reservorio extra-humano de la leishmaniasis americana en Venezuela. Informe preliminar de la infección leishmanica de un ratón selvático del género *Zygodontomys* en la región de Ticoporo, estado Barinas. *Med. Cutánea*. **1**: 469-478.

- Kerr S. F. (2000). Palaeartic Origin of *Leishmania*. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **95**: 75-80.
- Kerr S., Emmons L., Melby P., Liu C., Perez L., Villegas M. & Miranda R. (2006). *Leishmania amazonensis* infections in *acritus* and *Oryzomys nitidus* from Bolivia. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **75**: 1069-1073.
- Lainson R. (1997). On *Leishmania enriettii* and other enigmatic *Leishmania* species of the neotropics. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **92**: 377-387.
- Lainson R. & Shaw J. (1973). *Leishmania* and leishmaniasis of the New World, with particular reference to Brazil. *PAHO Bulletin.* **7**: 1-18
- Lainson R., Shaw J., Ready P. D., Miles M. & Póvoa M. (1981). Leishmaniasis in Brazil: XVI. Isolation and identification of *Leishmania* species from sandflies, wild mammals and man in north Para State, with particular reference to *L. braziliensis guyanensis* causative agent of "pian-bois". *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **7**: 530-6.
- Lainson R., Ishikawa E. A. & Silveira S. T. (2002). American Visceral Leishmaniasis: wild animal hosts. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **96**: 630-631.
- Lehmann J. & Alber G. (1998). Leishmaniosis de los murinos: ejemplo paradigmático de la importancia de los linfocitos coadyuvantes Th1 y Th2. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* **17**: 176-187.
- Leonett M. (2007). Aspectos ambientales, económicos, culturales y de comportamiento que favorecen la transmisión, y medidas de control, en la leishmaniosis tegumentaria. *Rev. Soc. Med. Quir. Hosp. Emerg. Pérez De Leon.* **38**: 34-38.
- Linares O. (1998). *Mamíferos de Venezuela*. Sociedad Conservacionista Audubon. Caracas, Venezuela.
- Lugo Y. A. & Scorza J. V. (1982). Ensayos metodológicos para la investigación de reservorios de *Leishmania* spp. en los Andes venezolanos. *Mem. Inst. Oswaldo. Cruz.* **77**: 367-84,
- Luppi M., Malta M., Silva T., Silva F., Motta R., Miranda I., Ecco R. *et al.* (2008). Visceral leishmaniasis in captive wild canids in Brazil. *Vet. Parasitol.* **155**: 146-151.
- Llanos Cuentas E. A., Roncal N., Villaseca P., Paz L., Ogusuku E., Pérez J. E. *et al.* (1999). Natural infections of *Leishmania peruviana* in animals in the Peruvian Andes. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **93**: 15-20.
- Marest M. & Ernest K. (1995). Population and community ecology of small mammals in a gallery forest of central Brazil. *J. Mammal.* **76**: 750-768.
- Medina G., Chávez A., Minaya G., Barbosa E. & Espinoza G. (2002). Infección por *Leishmania mexicana* sp. en caninos del distrito de Pampas Grande, Ancash. *Rev. Inv. Vet. Peru.* **13**: 44-50.
- Mills J., Childs J., Ksiazek T. & Peters C. (1998). *Métodos para trampeo y muestreo de pequeños mamíferos para estudios virológicos*. Washington, D.C; Organización Panamericana de la Salud; Feb. 1998. 66 p. (OPS/HCP/HCT/98.104). Documento en línea: <http://www.paho.org/Spanish/leishmaniasis.htm> (Consultado: 2008, Octubre 15).
- Montoya I., Padilla C., Nolasco O., León C., Talledo M., Choque J. *et al.* (1997). Diagnóstico molecular para leishmaniasis. *Rev. Med. Exp. Ins.* **14**: 25-28.
- Mostafá B. H., Souha B. A., Sabeh F., Noureddine C., & Riadh B. I. (2006). Evidence for the existence of two distinct species: *Psammomys obesus* and *Psammomys vexillaris* within the sand rats (Rodentia, Gerbillinae), reservoirs of cutaneous leishmaniasis in Tunisia. *Infect. Genet. Evol.* **6**: 301-308.
- Oliveira C., Teixeira J., Gomes R., Barral A. & Brodskyn C. (2004). Animal models for infectious diseases caused by parasites: Leishmaniasis. *Drug Discovery Today: Disease Models.* **1**: 81-86.
- Oliveira F., Pirmez C., Pires M., Brazil R. & Pacheco R. (2005). PCR-based diagnosis for detection of *Leishmania* in skin and blood of rodents from an endemic area of cutaneous and visceral leishmaniasis in Brazil. *Vet. Parasitol.* **129**: 219-227.
- OPS (2006). *Consulta de expertos OPS/OMS sobre leishmaniasis visceral en las Américas. Informe final*. Ministerio de Salud de Brasil. Brasilia, Brasil.

- OPS (2007). *Actualización Leishmaniasis*. Documentos claves, vigilancia. Documento en línea: <http://www.paho.org/spanish/ad/dpc/cd/leishmaniasis.htm> (Consultado: 2008, Octubre 15).
- Pedrerós A. (1992). Ecología del ensamble de micromamíferos de un agroecosistema forestal de Chile central: una comparación latitudinal. *Rev. Chil. Hist. Nat.* **65**: 417-428.
- Raymond W. R., McHugh P. C., Witt R. L. & Kerr S. (2003). Temporal and spatial distribution of *Leishmania* infections in Population of *Neotoma micropus*. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **98**: 171-180.
- Reithinger R. & Davies D. (1999). Is the domestic dog (*Canis familiaris*) a reservoir host of American Cutaneous leishmaniasis? A critical review of the current evidence. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **61**: 530-541.
- Reithinger R., Canales E. J., Courtenay O. & Davies C. (2003). Evaluation of PCR as a diagnostic mass-screening tool to detect *Leishmania (Viannia)* spp. in domestic dogs (*Canis familiaris*). *J. Clin. Microbiol.* **41**: 1486-1493.
- Romero M. & Sánchez J. (2007). Una mirada a la epidemiología y al control de la Leishmaniasis zoonótica en Colombia. *Biosalud.* **6**: 99-111.
- Romero M., López M., Echeverry M & Rivas F. (2008). Leishmaniasis Visceral Canina: Pruebas diagnósticas no identifican estados reales de la infección. *Rev. Salud Pública.* **10**: 290-298.
- Rotureau B. (2006a). Are new world leishmaniasis becoming anthroponoses? *Med. Hypotheses.* **67**: 1235-1241.
- Rotureau B. (2006b). Ecology of the *Leishmania* species in the Guianan ecoregion complex. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **74**: 81-96.
- Sánchez L., Sáenz E., Pancorbo J., Zegarra R., Garcés N. & Regis A. (2004). Leishmaniasis: educación médica continua. *Derm. Peruana.* **14**: 82-98.
- Scorza J. V., Rezzano S. & Marquez J. C. (1986). *Didelphis marsupialis*: reservorio primario de *Leishmania* spp. en la ciudad de Trujillo, Venezuela. *Bol. Dir. Malariol. San. Amb.* **26**: 1-5.
- Soares M., Titus R., Shoemaker C., David J. & Bozza M. (1998). The vasoactive peptide Maxadilan from sand fly saliva inhibits TNF- α and induces IL-6 by mouse macrophages through interaction with the pituitary adenylate cyclase-activating polypeptide (PACAP) receptor. *J. Immunol.* **160**: 1811-1816.
- Spotorno A., Palma E. & Valladares P. (2000). Biología de roedores reservorios de hantavirus en Chile. *Rev. Chil. Infectol.* **5**: 220-232.
- Travi B. L. (2000). Leishmaniasis visceral canina. *Rev. MVZ-Córdoba.* **5**: 29-32.
- Travi B. L., Arteaga L. T., Leon A. P. & Adler G. H. (2002). Susceptibility of Spiny Rats (*Proechimys semispinosus*) to *Leishmania (Viannia) panamensis* and *Leishmania (Leishmania) chagasi*. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **97**: 887-892.
- Traviezo L. E. (2006). Flebótomofauna al sureste del estado Lara Venezuela. *Biomédica.* **26**: 73-81.
- Torrealba J. W., Gomez-Nuñez J. C. & Ulloa G. (1972). Isolation of *Leishmania braziliensis* by intraperitoneal inoculation of blood from a reservoir host into hamsters. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.* **66**: 361.
- Torres R. A. (1999). Leishmaniasis. La enfermedad de las mil caras. *Kasmera.* **27**: 103-114.
- Vásquez T. A. (2006). Registro de leishmaniasis cutánea en caninos presentes en Zonas periurbanas de Villavicencio Meta y su importancia en la salud pública. *Rev. Orinoquia.* **10**: 79-86.
- Wallace P. & Pasvol G. (Eds.). (2007). *Infecciones transmitidas por artrópodos: Atlas de Medicina Tropical y Parasitología*. 6ª ed. Masson. España.
- Wasserberg G., Abranmsky Z., Anders G., El-Fari M., Schnur L., Kotler B. P., Kabalo I. & Warburg A. (2002). The ecology of cutaneous leishmaniasis in Nizzana, Israel: infections patterns in the reservoirs host, and epidemiological implications. *Int. J. Parasitology.* **32**: 133-143.
- WHO (2008). Health topics. Leishmaniasis. Zoonoses: *Leishmaniasis*. Zoonoses and veterinary public health (VPH). Documento en línea: <http://www.who.int/zoonoses/diseases/leishmaniasis/en/> (Consultado: 2008, Octubre 15).

- Zabala E. E., Ramírez O. J. & Bermúdez V. (2005). Leishmaniasis Visceral en un Canino. *Rev. Fac. Cien. Vet.* **46**: 43-50.
- Zeledón R., McPherson B. & Poncel C. (1977). Isolation of *Leishmania braziliensis* from a wild rodent in Costa Rica. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **26**: 1044-1045.
- Zerpa O., Pratlong F., Ulrich M. & Convit J. (2001). Isolation of *Leishmania infantum*, Zymodeme MON-1 from canine and human visceral leishmaniasis on Margarita Island, Venezuela. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* **96**: 901-902.
- Zorchetto, R. (2001). *Los pequeños villanos de la leishmaniosis: Los ratones silvestres son los hospedadores del microbio de esta enfermedad tropical*. Pesquisa FAPESP, edición impresa 68-09. 2001. 4 pp. Documento en línea: <http://revistapesquisa.fapesp.br/?art=343&bd=1&pg=4&lg=es> (Consultado: 2008, Octubre 10).

Recibido el 27/01/2009
Aceptado el 08/05/2009
