

Características poblacionales de *Akodon montensis* en diferentes calidades de su hábitat, y características del microhábitat relacionadas a su presencia en el Bosque Atlántico Interior de Paraguay

Population characteristics of *Akodon montensis* in different qualities of its habitat, and characteristics of the microhabitat related to its presence in the Interior Atlantic Forest of Paraguay

Julieta P. Sánchez M.

Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Email: julisanmar@gmail.com

Resumen: *Akodon montensis*, un persistente hospedero para el *Hantavirus*, es una especie de roedor bastante común en bosques primarios y secundarios, considerándose una especie generalista. Determinar los factores ambientales con los que se relaciona ayudaría a analizar cómo la calidad del hábitat afecta a la abundancia y densidad de la misma. Se realizaron tres pares de parcelas de captura-marca-recaptura, clasificados en tres niveles de perturbación y se muestrearon por 5 noches. Los resultados muestran que en perturbaciones más altas hay un promedio menor de abundancia (38 individuos) en comparación con la perturbación más baja (64 individuos), ocurriendo lo mismo con la densidad. Así mismo, se relaciona con características del microhábitat con menor degradación. A pesar de ser considerada una especie generalista, *A. montensis* responde de manera variada a los diferentes cambios (perturbaciones) que pueden ocurrir en el hábitat, observándose que tiende a verse afectada negativamente por las perturbaciones altas.

Palabras clave: abundancia, densidad, poblaciones, roedor generalista, perturbación del hábitat.

Abstract: *Akodon montensis*, a persistent host for Hantavirus, is a common rodent species in primary and secondary forests, and is considered to be a generalist species. Determining the environmental factors which affect it would help to evaluate how habitat quality affects the species' abundance and density. Three pairs of mark-recapture grids were established, classified into three disturbance levels, and sampled for five nights. The results show that in higher disturbances there is a lower average abundance (38 individuals) compared to the lowest disturbance (64 individuals), and the same is true for population density. Similarly, it is encountered more frequently in microhabitat with less degradation. Despite being considered a generalist species, *A. montensis* responds in varied ways to the different changes (disturbances) that may occur in the habitat, although it tends to be negatively affected by high disturbances.

Key words: abundance, Atlantic Forest, density, generalist rodent, habitat disturbance, microhabitat.

Introducción

En las últimas décadas, los bosques tropicales han sufrido grandes cambios debido a las actividades humanas, cambios que han producido fragmentaciones o transformaciones de los hábitats naturales, provocando un gradiente de hábitats que favorecen a especies de roedores reservorios de enfermedades. Se ha observado que estos animales son abundantes y frecuentes en matrices seminaturales donde ocurren actividades humanas, paisajes en mosaico y agricultura intensiva (Suzán et al., 2008; Goodin et al., 2006). De forma general, los ensamblajes de pequeños mamíferos se ven ampliamente afectados

por estas alteraciones, ocasionando una disminución en la diversidad o abundancia de los mismos y favoreciendo en gran medida a aquellas especies generalistas o de amplia distribución, provocando a su vez un empobrecimiento de la diversidad (Cebollada Pütz et al., 2012; Santos-Filho et al., 2012; García-Estrada et al., 2015).

En las décadas de los 80 y 90, la extensión de los bosques en el mundo sufrió disminuciones importantes, y a lo largo de 15 años se ha registrado una pérdida de casi 200 millones de hectáreas de bosques naturales en países en desarrollo, principalmente ocasionados por el desmonte para fines agrí-

Recibido: 02/04/2018 Aceptado: 07/11/2018



colas. En las últimas dos décadas, América Central y del Sur han disminuido su superficie forestal, y la principal causa considerada fue la transformación de las mismas a la agricultura y urbanización, previéndose que estas transformaciones seguirán constantes debido a que la agricultura es la actividad más accesible para países en desarrollo, como los de América Latina (FAO 1997; FAO 2011).

El Bosque Atlántico ha sufrido una deforestación ininterrumpida, dejando menos del 8% de su extensión original hoy (Galindo-Leal & de Gusmão Câmara, 2003). En el caso particular de Paraguay, la mayor superficie boscosa en la Región Oriental es el Bosque Atlántico del Alto Paraná, y esta ha sufrido grandes pérdidas en las últimas décadas, registrándose las mayores superficies deforestadas en el Depto. de San Pedro, con cifras que alcanzan aproximadamente 3.979 hectáreas, y en el Depto. de Canindeyú con 2.690 hectáreas, entre los años 2013 y 2014 (WWF Paraguay, 2014).

La especie *Akodon montensis* (Thomas, 1913), es una especie de roedor bastante común en hábitats de bosque primario y secundario, y se lo ha encontrado cerca de bordes de cultivos y pastizales abiertos, siendo así una especie bastante generalista (Ernmons & Feer, 1990). Además, es una especie que se encuentra frecuentemente en hábitats perturbados (D'Elía & Pardiñas, 2015) y ha sido identificado como un persistente hospedero para el *Hantavirus* en el Bosque Atlántico Interior del este de Paraguay (Chu et al., 2009 Oliveira et al., 2014).

Los estudios presentan resultados variados en cuanto a la relación que pueda presentar con los diferentes factores ambientales, observándose por ejemplo que la abundancia y el movimiento o inmigración no se ven afectados por la pérdida de cobertura de los bosques ni por la fragmentación de los mismos, en comparación con especies más especialistas (Püttker et al., 2013). También se observó que en el Bosque Atlántico de Brasil se relaciona positivamente con diferentes características como helechos terrestres y troncos caídos (Melo et al., 2013), mientras que en algunos bosques secundarios no presenta aparente relación con alguna de

las variables estudiadas del paisaje (Püttker et al., 2008a). En el Bosque Atlántico al este de Paraguay, se encontró que *A. montensis* se relaciona positivamente con herbáceas, bromeliáceas y arbustos leñosos, así como también con el dosel presente en los sitios estudiados (Goodin et al., 2009).

La relación que pueda existir entre los diferentes factores ambientales que hacen a los diferentes hábitats y microhábitats y la presencia de *Akodon montensis*, ayudaría a comprender mejor los factores relacionados a la abundancia y densidad de los individuos en el hábitat, y cómo afecta a su presencia los diferentes niveles de degradación de la vegetación que puedan presentarse en su entorno. Es así que el objetivo de este trabajo es determinar los factores ambientales de microhábitat relacionados con la presencia de *Akodon montensis*, y también analizar cómo la calidad del hábitat, clasificado en niveles de perturbación, afecta a la abundancia y densidad de los individuos.

Materiales y métodos

Área de estudio

La Reserva Natural del Bosque Mbaracayú (RNBM) se localiza al noreste de la Región Oriental del Paraguay, en el Departamento de Canindeyú, y constituye el Área Nucleo de la Reserva de Biósfera Mbaracayú (Figura 1). La misma posee 64.405,7 hectáreas que se encuentran en un área de transición entre las ecorregiones Bosque Atlántico Interior y Cerrado (FMB/BM, 2005).

Debido al aumento de las actividades agropecuarias y forestales, y la falta de control y planificación, estas actividades han favorecido la deforestación en la Región Oriental, llegándose a registrar una tasa de 600 hectáreas por año en la zona de influencia de la RNBM en el periodo 1997 – 2002 (FMB/BM, 2005).

Datos de vegetación y selección de las parcelas

Las parcelas utilizadas fueron seleccionadas en base a líneas de estudios previos, donde se encontraron roedores seropositivos para anticuerpo contra *Hantavirus*. Se colocaron seis parcelas de 12x12 estaciones, y cada estación fue localizada y ubicada

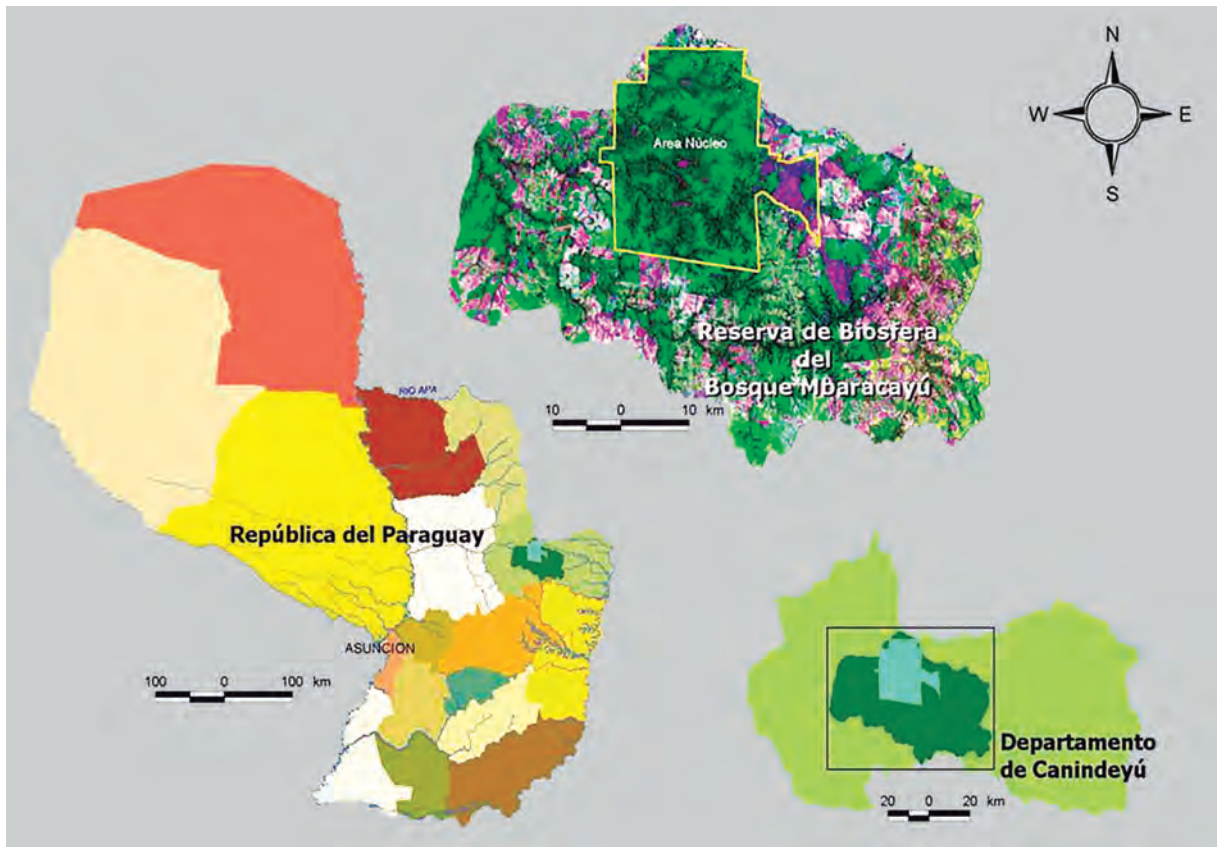


Figura 1. Ubicación de la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayú. Canindeyú, Paraguay. En “Reserva de Biósfera Bosque del Mbaracayú” (Fleytas, 2008).

utilizando un GPS calibrado en UTM. Cada estación fue identificada con una letra y un número, y se encontraron separadas por 10 metros de distancia. Dos trampas Sherman fueron colocadas en el suelo en cada estación (Figura 2).

Las parcelas se evaluaron en base a las características estructurales de la vegetación que fueron medidos en cada estación, y seis características se incluyeron en los análisis, por ser importantes descriptores tanto de la calidad del bosque como del hábitat de los roedores: restos de madera en el suelo, la altura máxima del dosel, la distancia a los árboles más cercanos, porcentaje de cobertura de hierbas, árboles caídos cercanos y la presencia de árboles de naranja (una especie invasiva, indicación de degradación del bosque). Estos descriptores indican que los hábitats perturbados se relacionan con mayor porcentaje de cobertura de

hierbas, presencia de árboles de naranja y árboles caídos cercanos, mientras que los hábitats menos perturbados se relacionan con mayor presencia de restos de madera en el suelo, mayor altura del dosel y distancias menores entre los árboles cercanos a cada estación.



Figura 2. Trampa Sherman en una estación de muestreo identificada con una letra y un número.



Figura 3. Colocación del microchip (izq.) y lectura del mismo (der.) para identificar a los individuos.

Los promedios de estos datos fueron analizados mediante Principal Component Analysis (PCA) with Minimum Spanning Tree, y sobre la base de estos análisis se designaron 3 pares de parcelas de acuerdo a la calidad del hábitat, definidos en términos de perturbación: B y H (menos perturbado), A y D (medio perturbado), y C y G (más perturbado).

Diseño de muestreo y análisis de datos

El método utilizado fue el de captura-marca-recaptura para coleccionar los datos de los roedores y a cada individuo se le colocó un microchip subdérmico para su posterior identificación (Figura 3). Se anotaron los siguientes datos de cada individuo capturado: identificación específica, peso, sexo, edad y estado reproductivo (Figura 4). También se tomaron muestras de sangre, saliva, orina y heces para medir los niveles de anticuerpo contra *Hantavirus*. Se tomó muestra de la punta de la cola,



Figura 4. Pesaje (izq.) e identificación (der.) de un ejemplar de *A. montensis*.

Tabla 1. Regresiones simples de número de capturas de ratones vs. variables ambientales de todas las estaciones.

Variable	Pendiente	Valor P	Varianza explicada (%)
1er estrato	0,503	0,000	2,6
Suelo desnudo	-0,040	0,014	1,1
Herbáceas	0,010	0,023	0,7
Plantas leñosas	-0,009	0,251	0,2
Pastos	0,000	0,88	0,0
Hojasca	-0,005	0,098	0,3
Madera muerta	0,008	0,053	0,5
Porcentaje de apertura	-0,002	0,565	0,0
2do. Estrato	0,061	0,116	0,3
3er. Estrato	0,025	0,98	0,0
4to. Estrato	-0,002	0,747	0,0
Dosel máximo	0,010	0,412	0,1

aproximadamente 1-2mm, para realizar pruebas que ayuden a corroborar la identificación específica del roedor.

Cada parcela fue muestreada por cinco noches seguidas, realizándose un esfuerzo de captura de 1.440 trampas-noche en cada parcela, durante los meses de Junio y Julio del año 2015.

La estimación de la abundancia en los diferentes niveles de perturbación se calculó por el método de captura-marca-recaptura de individuos vivos aplicando modelos que trabajan con poblaciones cerradas. El mismo se realizó con el software de estimación MARK. La estimación de la densidad poblacional, se calculó dividiendo la abundancia por el área efectiva de trapeo (Schnell et al., 1980). Se determinó la relación que pueda existir entre las diferentes variables del hábitat y la preferencia de la especie analizando los datos mediante regresiones simples y múl-

tiples en el programa R utilizando los paquetes Rcmdr y BiodiversityR. Se utilizaron datos de presencia/ausencia como rasgos de preferencia de los individuos en cada estación y así relacionarlos con los datos de vegetación de cada una. Para determinar si las abundancias y densidades fueron diferentes entre los niveles de perturbación, se realizó un análisis de t de Student.

Resultados

Las regresiones simples mostraron una relación positiva de la abundancia con la altura del primer estrato ($P=0,000$) y con las herbáceas ($P=0,023$), y una relación negativa con el suelo desnudo ($P=0,014$) (Tabla 1). Las regresiones múltiples con estas tres variables resultaron en una varianza explicada del 8,2% (Tabla 2).

Entre los diferentes niveles de perturbación, según las pruebas t de Student las abundancias no mostraron diferencias significativas, con valores de $P \geq 0,05$. Se presentaron en los diferentes niveles de perturbación: parcelas con perturbación baja 64,0 individuos, parcelas con perturbación media 48,5 individuos y las parcelas con perturbación alta 43,5 individuos (Figura 5).

En cuanto a la densidad, las pruebas t de Student no mostraron diferencias significativas, con valores de $P \geq 0,05$. Las parcelas con perturbación baja mostraron un promedio de densidad de 21,8 ind/ha, parcelas con perturbación media 15,8 ind/ha, y ambas parcelas con perturbación alta 8,6 ind/ha (Figura 5).

Tabla 2. Regresión múltiple de número de capturas de ratones vs. variables ambientales de todas las estaciones.

Variable	Pendiente (beta)	Valor P
Herbáceas	0,021	0,000
1er estrato	0,472	0,000
Suelo desnudo	-0,025	0,126
Varianza explicada		8.2%

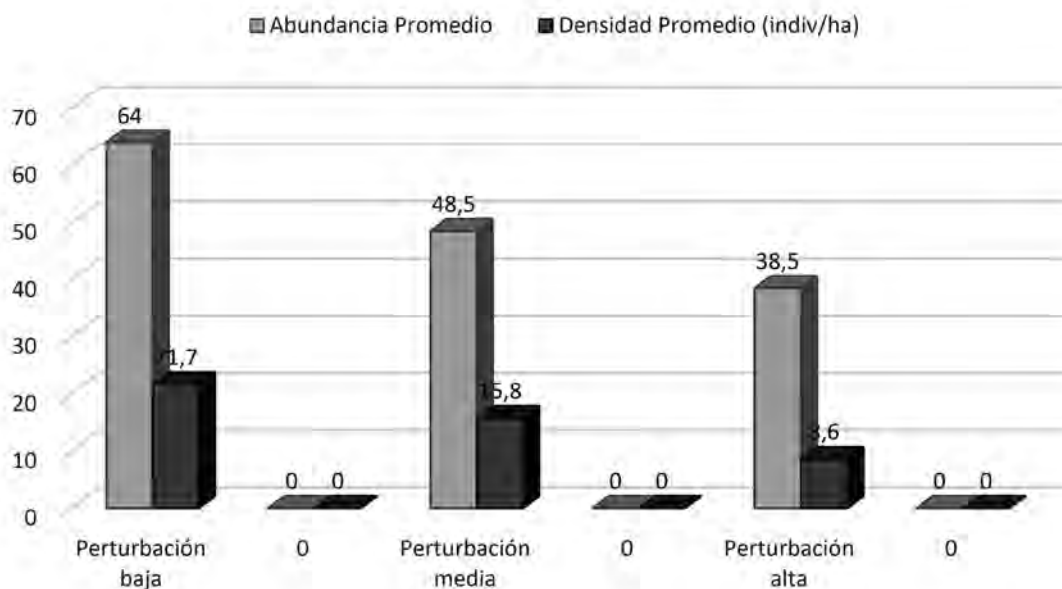


Figura 5. Abundancias y densidades promedios de acuerdo a cada nivel de perturbación.

Discusión

Tanto en las abundancias como en las densidades, se observa una disminución a medida que aumenta la perturbación del hábitat.

Prácticamente todos los trabajos realizados, consideran a *A. montensis* como una especie generalista debido a que se encuentra en distintos hábitats y es asociada positivamente con diferentes factores del mismo (Goodin et al., 2009; Melo et al., 2013). En este trabajo en particular, se observó que se encuentra positivamente relacionado con el primer estrato y las herbáceas, y negativamente con el suelo desnudo. Estos resultados ayudan a entender que si bien puede relacionarse con diferentes factores, aparentemente esos son factores que pueden proveerle de alimentos (como el primer estrato y las herbáceas) y protección contra depredadores, y ser potenciales lugares de anidamiento, como sería la cobertura del suelo.

Esta especie también está presente en hábitats con característica vegetales de bosques perturbados (Püttker et al., 2008b), y se ha observado una mayor preferencia de la especie a zonas degradadas en términos de suelos antropogénicamente perturbados (Goodin et al., 2006), lo que difiere con

los resultados de este trabajo en los que la especie está mucho más relacionada a hábitats con menor degradación. Los “suelos antropogénicamente perturbados” incluyen áreas de agricultura intensiva y mosaicos, lo que difiere de las áreas estudiadas que son áreas con perturbación del hábitat debido a la degradación de la vegetación, ocasionada por ejemplo por la tala que suele presentarse en esas zonas. Estos “suelos” podrían propiciar mejor acceso a fuentes de alimentos y mayor protección contra depredadores, mismas oportunidades que estarían disminuyendo en las áreas de hábitat natural perturbadas por la degradación de la vegetación en los diferentes hábitats de este estudio.

Si se tiene en cuenta la degradación estructural a una microescala en los distintos bosques, se observa que esta involucra la pérdida de factores que son utilizados por los mamíferos (y otros animales) para cubrir requerimientos específicos como sitios de anidamiento, de refugio o descanso, y también como sustratos para la alimentación. Estos factores pueden estar dados por detalles casi imperceptibles como cavidades en árboles o raíces y corteza o follaje en el suelo, de modo que su pérdida puede reducir la disponibilidad de hábitat considerados

de “buena calidad” para los animales, afectando las poblaciones de los mismos a diferentes escalas (Vergara et al., 2014).

Conclusión

Si bien *A. montensis* es considerada generalista por sus requerimientos de hábitat, los resultados en este estudio visualizan que tanto la abundancia como la densidad son mayores en aquellos hábitats con un menor grado de perturbación. Esto se interpretaría como que en los hábitats con menor degradación aún se encuentran disponibles los elementos que brindan una “buena calidad” al hábitat para estos roedores, mientras que en los hábitats de mayor perturbación podría estar ocurriendo una pérdida gradual y extensiva de los mismos, lo que ocasiona una menor abundancia y densidad de las poblaciones.

Los resultados hallados en este estudio resaltan la importancia de analizar y evaluar el hábitat a diferentes escalas, ya que como se ha visto, aparentemente analizando las diferentes parcelas con las mismas variables medidas en cada estación, resultan no ser muy significantes. Sin embargo, analizando la relación con cada variable y estación por estación, si se encontró una significancia, indicando que *Akodon montensis* no “elige” precisamente su área por características promedias del hábitat en general, pero si por características más específicas de microhábitat.

Agradecimientos

Al Proyecto de la Texas Tech University: “Evolutionary Mechanisms of RNA Virus Host Switching”, apoyado por las becas de investigación otorgado por el National Institutes of Health (NIH, U.S.A.) I103053 y NIH R01 TW006986-01 a través del Programa “Ecología de Enfermedades Infecciosas”, por la beca ofrecida para participar del proyecto. Al Dr. Robert Owen, por permitirnos mediante la beca, formar parte de su equipo de trabajo, por su guía y seguimiento constante. A la Fundación Moisés Bertoni, y a todo el equipo de trabajo con quienes compartimos en el campo; Vicente Martínez, Emiliano Galeano, Ana Rivarola, Diego Bueno, Marcelina Sánchez y Belén Barreto, por hacer ameno

los trabajos en el campo.

Literatura citada

- Cebollada Pütz, C., Basso, M., De Los Llanos, E.R. & Kufner, M. (2012). La fauna chaqueña de Córdoba (Argentina) afectada por la transformación agrícola. *Ecología Aplicada*, 11(2): 77-87.
- Chu, Y-K., Goodin, D., Owen, R. D., Koch, D. & Jonsson, C.B. (2009). Sympatry of 2 Hanta-virus Strains, Paraguay, 2003-2007. *Emerging Infectious Diseases*, 15(12): 1977-1980.
- D’elía, G. & Pardiñas, U.F.J. (2015). Tribe Akodontini. In: Patton, J. L., Pardiñas, U.F.J. & D’elía, G (eds.). *Mammals of South America, Vol. 2, Rodents*. The University of Chicago Press, Chicago. Pp. 140-279
- Emmons, L.H. & Feer, F. (1990). Neotropical Rainforest Mammals: A Field Guide. The University of Chicago Press. pp 190.
- FAO. (1997). Situación de los bosques del mundo 1997. Diseñado y producido por Words and Publications, Oxford, Reino Unido. ISBN 92-5-303977-9. <http://www.fao.org/docrep/W4345S/w4345s00.htm#Contents>; 05 de mayo del 2016.
- FAO. (2011). Situación de los bosques del mundo 2011. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. ISBN 978-92-5-306750-3. <http://www.fao.org/docrep/013/i2000s/i2000s00.htm>; 05 de mayo del 2016.
- FMB/BM. (2005). Reserva Natural del Bosque Mbaracayú. Plan de Manejo 2005-2010. Asunción – Paraguay: Fundación Moisés Bertoni para la Conservación de la Naturaleza (FMB), Banco Mundial (BM).
- Galindo-Leal, C. & Gusmão Camara, I. (2003). The Atlantic Forest of South America. Biodiversity Status, Threats, and Outlook. In: Porembski, S. *Plant Systematics & Evolution*. Island Press, Washington. 250(1/2); 119-121.
- García-Estrada, C., Peña-Sánchez, Y.A. & Colín-Martínez, H. (2015). Diversidad de mamífe-

- ros pequeños en dos sitios con diferente grado de alteración en la Sierra Sur, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 86(4); 1014-1023.
- Goodin, D.G., Koch, D.E., Owen, R.D., Chu, Y., Hutchinson, J.S. & Jonsson, C. (2006). Land cover associated with Hantavirus presence in Paraguay. *Global Ecology & Biogeography*, 15(5), 519-527.
- Goodin, D.G., Paige, R., Owen, R.D., Ghimire, K., Koch, D.E., Chu, Y.-K. & Jonsson, C.B. (2009). Microhabitat characteristics of *Akodon montensis*, a reservoir for hantavirus, and hantaviral seroprevalence in an Atlantic Forest site in eastern Paraguay. *Journal of Vector Ecology*. 34(1); 104-113.
- Melo, G. L., Miotto, B., Peres, B. & Cáceres, N.C. (2013). Microhabitat of small mammals at ground and understorey levels in a deciduous, southern Atlantic Forest. *Anais Da Academia Brasileira De Ciencias*. 85(2); 727-736
- Oliveira, R.C., Gentile, R., Guterres, A., Fernandes, J., Teixeira, B.R., Vaz, V., Valdezb, F., Vicente, L., Da Costa-Neto, S., Bonvicino C., D'andrea, P. & Lemos, E.S. (2014). Ecological study of hantavirus infection in wild rodents in an endemic area in Brazil. *Acta Tropica*. 131;1-10.
- Püttker, T., Meyer-Lucht, Y. & Sommer, S. (2008a). Fragmentation effects on population density of three rodent species in secondary Atlantic Rainforest, Brazil. *Studies on Neotropical Fauna & Environment*. 43(1); 11-18.
- Püttker, T., Pardini, R., Meyer-Lucht, Y. & Sommer, S. (2008b). Responses of five small mammal species to micro-scale variations in vegetation structure in secondary Atlantic Forest remnants, Brazil. *BMC ecology*. 8(1); 1.
- Püttker, T., Bueno, A.A., De Barros, C.S., Sommer, S. & Pardini, R. (2013). Habitat specialization interacts with habitat amount to determine dispersal success of rodents in fragmented landscapes. *Journal of Mammalogy*. 94(3); 714-726.
- Santos-Filho, M. Sanaiotti, T.M., Da Silva, D.J. & Peres, C. A. (2012). Habitat patch and matrix effects on small-mammal persistence in Amazonian forest fragments [electronic resource]. *Biodiversity and Conservation*. 21(4); 1127-1147.
- Schnell, G.D., Owen, R.D., Chesser, R.K. & Risser, P.G. (1980). Populations of small mammals in north-central Oklahoma. *The Southwestern Naturalist*. 25(1); 67-80.
- Suzán, G., Armién, A., Mills, J.N., Marcé, E., Ceballos, G., Ávila, M., Salazar-Bravo, J., Ruedas, L., Armién, B. & Yates, T.L. (2008). Epidemiological considerations of rodent community composition in fragmented landscapes in Panama. *Journal of Mammalogy*. 89(3); 684-690.
- Vergara, P.M., Rivera-Hutinel, A., Farías, A.A., Cofré, H., Samaniego, H. & Hahn, I.J. (2014). ¿Cómo Responden los Animales del Bosque a las Perturbaciones Antropogénicas?. *Ecología Forestal: Bases para el Manejo Sustentable* (Eds: Donoso C., González ME., Lara A., Donoso P.) Marisa Cuneo Ediciones, Chile, 8; 235-254.
- WWF Paraguay. (2014). Informe Monitoreo satelital de la deforestación: desmontes detectados en el Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA). Período 16 de Diciembre de 2013 al 29 de agosto de 2014. http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/informe_deforestacion_agosto2014.pdf; 05 de mayo del 2016.