

Home range of the mouse *Phyllotis osilae* in forest fragments of *Polylepis subtusalbida* with different habitat matrix

ROMEO ROJAS-ESTRADA^{1*}, LUIS F. AGUIRRE¹, AND FREDDY NAVARRO ANTEZANA¹

¹Centro de Biodiversidad y Genética, Universidad Mayor de San Simón. Casilla 538, Cochabamba, Bolivia. Email: romeorojasestrada@gmail.com (RR-E), laguirre@ficyt.umss.edu.bo (LFA), fnenan@ficyt.umss.edu.bo (FNA).

*Corresponding author

Home range is an aspect of ecology that allows us to understand the mechanisms and spatial relationships that underlie habitat choice and animal responses to environmental change. However, studies on this subject have been focused mainly on medium and large mammals, while those on small mammals are scarce. Small mammals play important roles in maintaining ecological processes, such as the survival of several plant species. *Phyllotis osilae* is a phyllotine rodent, which functions as a potential seed disperser for *Polylepis subtusalbida*, a tree that is endemic and categorized as Vulnerable (VU) for Bolivia. The forests of *P. subtusalbida* are highly fragmented, with reforestation with introduced species such as *Pinus radiata* and *Eucalyptus globulus*. The question we pose for this study is: how does the home range of *P. osilae* vary between fragments of *P. subtusalbida* with different types of matrix (natural grassland and exotic tree plantations)? The study was carried out on four fragments of *P. subtusalbida* in Tunari National Park in the city of Cochabamba, Bolivia: two fragments in the exotic tree plantation matrix (Pajcha locality) and two in the natural grassland matrix (San Miguel locality). For telemetry purposes, radio collars were installed on 16 individuals. The home ranges were calculated using the Minimum Convex Polygon (MCP) at 95 %, in the same way the Kernel density (KDE) was estimated at 95 %. The percentage of presence of *P. subtusalbida* and matrix trees within each home range was determined, with an area interval between 50.5 m² and 3,010 m². No significant differences were found between both matrices regard to the area of activity; however, in the comparison of the percentages of presence of *P. subtusalbida* trees and matrix, significant differences were found. Our results for home ranges show that the matrix would not have an effect on the area, but on its mobility; this is evidenced by the absence of movements of *P. osilae* from the fragments to the exotic matrix. In this case, the exotic tree matrix is operating as a barrier and is reflected in the almost total absence of this vegetation matrix in the home range. *P. osilae* may be playing an important role in the recovery and conservation of these ecosystems, so knowing aspects of their natural history as well as their responses to fragmentation is of great importance in understanding the fate of the *Polylepis* forests.

El ámbito hogareño es un aspecto de la ecología que permite comprender los mecanismos y las relaciones espaciales que fundamentan la elección del hábitat y las respuestas de los animales a los cambios ambientales. Sin embargo, los estudios de esta temática han sido enfocados principalmente a mamíferos medianos y grandes, en contraste los de pequeños mamíferos son escasos. Los pequeños mamíferos cumplen roles importantes para el mantenimiento de procesos ecológicos, como la sobrevivencia de varias especies de plantas. *Phyllotis osilae* es un roedor filotino, que funciona como potencial dispersor de semillas de *Polylepis subtusalbida*, un árbol endémico y categorizado como Vulnerable (VU) para Bolivia. Los bosques de *P. subtusalbida* están altamente fragmentados, presentando entre sus principales amenazas la reforestación con especies introducidas como *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*. La pregunta que planteamos para este estudio es ¿cómo varía el ámbito hogareño de *P. osilae* entre fragmentos de *P. subtusalbida* con diferente tipo de matriz (pastizal natural y plantaciones de árboles exóticos)? El estudio se realizó en cuatro fragmentos de *P. subtusalbida* en el Parque Nacional Tunari de la ciudad de Cochabamba, Bolivia: dos fragmentos en la matriz de plantaciones de árboles exóticos y dos en la matriz natural de pastizal. Para la telemetría se instalaron radio collares a 16 roedores. Los ámbitos hogareños se calcularon mediante el *Minimum Convex Polygon* (MCP) al 95 %, del mismo modo se estimó la densidad de Kernel (KDE) al 95 %. Se determinó el porcentaje de presencia de árboles de *P. subtusalbida* y matriz dentro de cada ámbito hogareño, con un intervalo de área entre 50.5 m² a 3,010 m². No se encontraron diferencias significativas entre ambas matrices respecto a el área de actividad; sin embargo, en la comparación de los porcentajes de presencia de árboles de *P. subtusalbida* y matriz, si se encontraron diferencias significativas. Nuestros resultados muestran que la matriz no tendría un efecto sobre el área, pero si sobre su movilidad. Esto se evidencia en la ausencia de movimientos de *P. osilae* de los fragmentos a la matriz exótica. En este caso, la matriz de árboles exóticos está operando como una barrera y se ve reflejado en la ausencia casi total de matriz de esta vegetación en el ámbito hogareño. *P. osilae* puede estar cumpliendo un rol importante en la recuperación y conservación de estos ecosistemas, por lo que conocer aspectos de su historia natural al igual que conocer sus respuestas a la fragmentación es de mucha importancia para comprender el destino de los bosques de *Polylepis*.

Keywords: endemic; fragmentation; *Polylepis*; telemetry.

© 2020 Asociación Mexicana de Mastozoología, www.mastozoologiamexicana.org

Introducción

El ámbito hogareño es el área utilizada por un individuo para buscar alimento, reproducirse, descansar y realizar todas sus actividades diarias (Burt 1943). Además, es un aspecto de la ecología que proporciona respuestas a muchas preguntas biológicas relacionadas con la dinámica de la población, las interacciones sociales, patrones de

espaciamento (Eiris y Barreto 2009) y distancia de dispersión (Santini et al. 2013). El análisis del ámbito hogareño es un primer paso importante para comprender los mecanismos y las relaciones espaciales que fundamentan la elección del hábitat y las respuestas de los animales a los cambios ambientales (Cumming y Cornélis 2012). Asimismo, el ámbito hogareño de hembras y machos pueden explicar

distintos efectos del medio ambiente, debido a que en las hembras están relacionado con la distribución espacial de recursos y cobertura (Bonatto *et al.* 2012), mientras que para los machos dependen de la distribución espacial de las hembras (Ostfeld 1985). A la fecha, se carece de información sobre el ámbito hogareño para muchas especies o hábitats particulares (Wood *et al.* 2010). Tradicionalmente, los estudios de ámbito hogareño han sido enfocados principalmente a mamíferos medianos y grandes, y es muy difícil encontrarlos en pequeños mamíferos (Harris *et al.* 1990; Dressler *et al.* 2016).

Los pequeños mamíferos cumplen roles de importancia vital para el mantenimiento de procesos ecológicos, como la sobrevivencia de varias especies de plantas, la cual depende de la interacción de planta-animal que tiene efectos en la dispersión desde la planta madre, escarificación y enterramiento de las semillas (Tarifa y Aguirre 2009). Los roedores filotinos (Phyllotini Vorontsov, 1959) son pequeños mamíferos comunes en bosques de *Polylepis* (Yensen y Tarifa 2002). En este estudio, nos enfocamos en *Phyllotis osilae*, un roedor abundante en bosques *Polylepis subtusalbida* (Vargas *et al.* 2007; Tarifa y Yensen 2001) y a la vez un consumidor de semillas de esta especie (Balderrama 2013, com. pers.), por lo que su presencia y consumo de semillas de *Polylepis* lo hace un potencial dispersor.

Los bosques de *Polylepis* (Rosaceae, Sanguisorbeae) son bosques nativos altamente fragmentados a lo largo de su distribución; en Bolivia se ha estimado que ocupan el 10 % de su distribución original (Fjeldsá y Kessler 2004). *Polylepis subtusalbida* es una especie endémica para Bolivia y, según los criterios de la IUCN (Arrázola 2011) aplicados a la flora amenazada de Bolivia, está categorizado como Vulnerable (VU; Ministerio de Medio Ambiente, Agua y Cambio Climático 2011). Entre sus principales amenazas está la reforestación con especies introducidas como *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* (Arrázola 2011). Estos árboles exóticos son parte ahora del estrato arbóreo donde están presentes los bosques de *P. subtusalbida* (Gareca *et al.* 2007), formando la matriz del paisaje de estos bosques fragmentados. En la ecología del paisaje, el modelo parche-corredor-matriz define a la matriz como el tipo de elemento dominante, más extensa y coherente del paisaje (Forman 1995). El tipo de matriz que rodea los hábitats fragmentados tienen efectos significativos sobre la biodiversidad en diferentes tipos de paisaje, escalas espaciales, enfoques ecológicos y grupos taxonómicos (Prevedello y Viera 2010). Los pequeños mamíferos que dependen del bosque, pero persisten en paisajes fragmentados, pueden ser utilizados como modelos para cuantificar los efectos de la pérdida y fragmentación del hábitat, y guiar las acciones de conservación para mejorar el bienestar de los animales en paisajes fragmentados (Delciellos *et al.* 2018).

Los mamíferos de los bosques de *Polylepis* han recibido poca atención científica (Yensen y Tarifa 2002) y la distribución de los animales asociados a estos bosques ha sido

poco estudiada (Fjeldsá y Kessler 2004). La falta de conocimiento sobre las especies de mamíferos en los bosques hace imposible comprender su historia natural, ecología y estado de conservación, siendo un hábitat altamente amenazado y fragmentado (Tarifa y Yensen 2001). Conocer las respuestas a la fragmentación de estos bosques nativos es esencial tanto para predecir su propio destino como para comprender el destino de los árboles que dependen de ellos (Jorge 2008). Por esta razón se evalúa la variación del ámbito hogareño de *P. osilae* entre fragmentos de *P. subtusalbida* con el pastizal natural y las plantaciones de árboles de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*.

Material y métodos

El estudio se realizó en cuatro fragmentos de *P. subtusalbida* en el Parque Nacional Tunari de la ciudad de Cochabamba, Bolivia (Figura 1): dos fragmentos se encuentran en la localidad de Pajcha con superficies de 10.7 ha y 3.6 ha (17°19'22.02"S 66°8'12.15"W; 17°19'39.72"S 66°7'58.26"W) con una matriz de plantaciones de árboles exóticos compuesto por *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*; dos fragmentos se encuentran en la localidad de San Miguel con superficies de 5.1 ha y 12.1 ha (17°16'36.68"S. 66°19'46.50"W; 17°16'27.30"S. 66°20'13.25"W) con una matriz natural de pastizales compuestos por *Calamagrostis* sp., *Cheilanthes pruinata*, *Cyperus* sp., *Eryngium paniculatum*, *Festuca dolichophylla*, *Gamochoaeta* sp., *Gnaphalium dombeyanum*, *Lupinus* sp., *Luzula* sp., *Puya tunariensis*, *Stevia samaipatenensis* y *Stipa ichu*. Ambas localidades se encuentran dentro el piso ecológico altimontano distribuidos en las laderas montañosas meridionales medias de la Cordillera del Tunari. La vegetación potencial natural del piso altimontano es dominado por *P. subtusalbida*, en los meses de mayo a agosto se presenta la época de sequía que coincide con el tiempo más frío (-3 y -6 °C, respectivamente). De diciembre a febrero se presenta la época de lluvias que coincide con el tiempo cálido y se presentan precipitaciones anuales de 45 a 60 % (Navarro *et al.* 2015).

El trabajo se realizó durante los meses de marzo a junio del 2013, terminando la época de lluvias y comenzando la época de sequía. Para la captura de *P. osilae*, se instalaron 160 trampas tipo Sherman para pequeños mamíferos en cada fragmento, siguiendo un protocolo de muestreo en micromamíferos altoandinos (Ruiz *et al.* 2004). Se realizaron líneas de trampeo, cada línea con 10 trampas y una separación de 10 m. Se instalaron cinco líneas paralelas a los bordes, una al centro y dos a ambos lados del borde hasta una distancia de 20 m al interior del fragmento y la matriz. Las líneas de trampeo estuvieron activas de una a tres noches, sumando un esfuerzo de 480 trampas por fragmento. Como cebo se utilizó avena, esencia de vainilla, mantequilla de maní y uvas pasa. La revisión de las trampas y recebado se realizó cada 12 h. Una vez capturados los individuos necesarios para la realizar la telemetría se procedió a cerrar las líneas, para evitar recapturarlos.

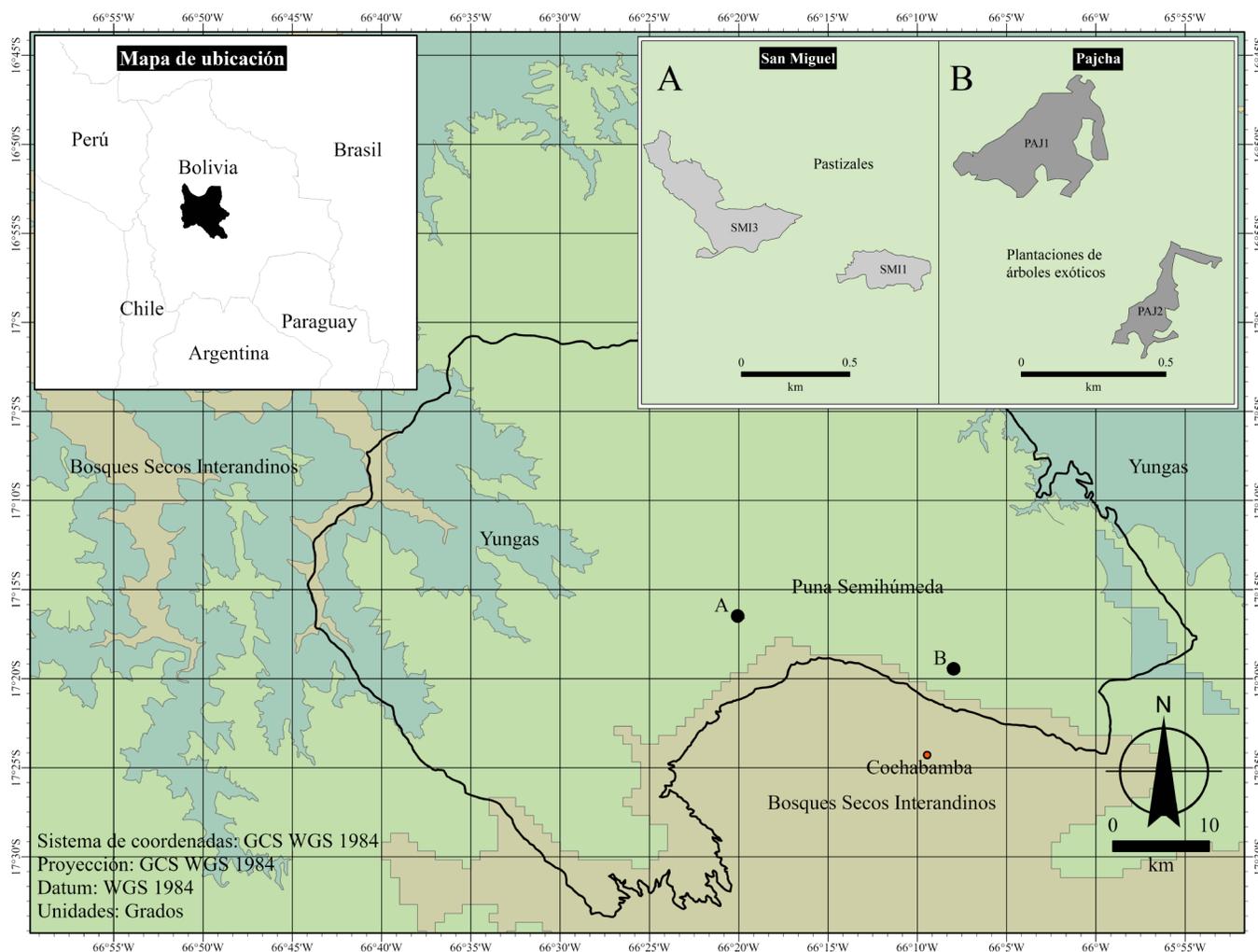


Figura 1. Mapa del área de estudio. Límites del Parque Nacional Tunari y subregiones presentes (Ibisch y Mérida 2003). Las ubicaciones de los fragmentos de *Polylepis subtusalbida* se indican con letras. A): Localidad de San Miguel con una matriz de pastizales, fragmentos SM13 y SM11. B): Localidad de Pajcha con una matriz de plantaciones de árboles exóticos compuesto por *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, fragmentos PAJ1 y PAJ2.

Para el manejo y manipulación de los individuos capturados se siguieron los lineamientos propuestos por Sikes et al. (2016), en concordancia con las leyes nacionales del Estado Plurinacional de Bolivia (Autorización MMAyA-VMA-DGBAP N° 619/12). Los roedores se identificaron mediante claves (Hershkovitz 1962; Stepan 1995; Anderson 1997; Spotorno et al. 2004; Jayat y Pacheco 2006) y se registraron medidas morfométricas convencionales: longitud total, cola, pata posterior, oreja (Anderson 1997), también se registró el sexo, estado reproductivo, código numérico de los individuos, fragmentos de la matriz en donde se ubicaron sus ámbitos hogareños y el peso. El pesado de los individuos se obtuvo con una pesola de capacidad de 100 g y precisión de $\pm 0.3\%$; la exactitud del peso de los individuos fue un factor determinante para la instalación de los transmisores.

Para la telemetría se instalaron radio collares VHF Tele-nax (TXB-004G) solamente a individuos en los que el peso del transmisor no superó en 5 a 10 % el peso del animal (Sikes et al. 2011); para la instalación se siguieron las consideraciones y recomendaciones de White y Garrot (1990). El seguimiento de telemetría se realizó por nueve días en

promedio, debido a la duración de la batería del transmisor, desde las 19:00 a 3:00 por los hábitos nocturnos que presenta *P. osilae*. El seguimiento no incluyó las primeras 24 horas tras liberar a los individuos, para permitir que se acostumbraran a los transmisores. Para el seguimiento se usó un receptor Telonics (TR-4K) y una antena Yagi de tres elementos, la posición se determinó mediante triangulación con un lapso de 60 minutos (en promedio) entre cada posición. Para cada posición se registraron sus coordenadas geográficas (punto fijo o *fixed point*). Se registraron datos adicionales de distancia y azimut entre cada punto fijo. Los ámbitos hogareños se calcularon en el programa BIOTAS Versión 2.0 Alpha (Ecological Software Solutions LLC) mediante el Polígono Mínimo Convexo (*Minimum Convex Polygon*, MCP) al 95 % (Mohr 1947), también se estimó la densidad de Kernel (KDE; Worton 1989) al 95 % para facilitar comparaciones.

Se determinó el porcentaje de presencia de árboles de *P. subtusalbida* y matriz dentro de cada ámbito hogareño de pastizal natural y plantaciones de *P. radiata* y *E. globulus* se sobrepuso una cuadrícula sobre el área de actividad. Se utilizó una imagen satelital WorldView-2 (resolución espa-

cial 0.5 m) para la localidad de Pajcha y para la localidad de San Miguel una imagen satelital Maxar Technologies (resolución espacial 30 m). En ambas imágenes satelitales fue posible identificar árboles de *P. subtusalbida* y la matriz. La fotointerpretación se realizó con los softwares de ArcGIS 10.2 (Esri, USA) y Google Earth Pro (Google LLC, USA). Se compararon las estimaciones de los ámbitos hogareños con el tamaño de muestra mediante una regresión lineal, con el software PAST Versión 4.03 (Hammer 2001), para determinar la independencia de las estimaciones. Se realizó un ANCOVA para comprobar las diferencias entre localidades para el área del ámbito hogareño y una prueba de U de Mann-Withney para los porcentajes de presencia (árboles de *Polylepis* y matriz), ambos estadísticos fueron calculados mediante el software PAST Versión 4.03 (Hammer 2001).

Resultados

Capturamos tres especies de roedores para ambas localidades: *Akodon boliviensis*, *Oxymycterus paramensis* y *Phyllotis osilae*. Se monitoreó un total de 16 individuos de *P. osilae*, siete hembras y un macho en la localidad de Pajcha (matriz de árboles exóticos), y cinco hembras y tres machos en la localidad de San Miguel (matriz natural de pastizales). Las comparaciones entre las estimaciones de los ámbitos hogareños con el tamaño de muestra indica que no hay independencia ($r = 0.775$, $t = 4.5956$, $P = 0.0004$). Se estimó el área y perímetro de los ámbitos hogareños (Tabla 1; Figuras 2, 3), donde se obtuvo 3,010 m² como el área máxima para la hembra H2 (Figura 3) y una mínima de 50.5 m² para la hembra H5 (Figura 4). El área y perímetro

núcleo (Kernel 95 %) no se obtuvo para todos los individuos debido al número limitado de puntos fijos. En promedio, se tuvieron nueve noches consecutivas de seguimiento, a excepción del macho M8, que después del tercer día se perdió la señal del transmisor (Tabla 1).

Dentro del área de los ámbitos hogareños de *P. osilae* se obtuvieron los porcentajes de presencia de árboles de *P. subtusalbida*, y matriz (árboles exóticos y pastizal natural; Figura 4). En la localidad de Pajcha se observó que, en su mayoría, los individuos presentaron un mayor porcentaje de árboles de *P. subtusalbida* (Figura 2). En contraste, en la localidad de San Miguel la presencia tanto de árboles de *P. subtusalbida* como de matriz natural de pastizal fue similar (Figura 3), e incluso se obtuvo el registro de la hembra H10 (Figura 3) que presentó un 80 % de matriz natural de pastizales dentro su ámbito hogareño.

En las comparaciones de área del ámbito hogareño entre las localidades de Pajcha y San Miguel no se encontraron diferencias significativas ($F = 0.078$, d. f. = 1, $P = 0.784$). Sin embargo, sí se encontraron diferencias significativas al comparar el porcentaje de presencia de árboles de *P. subtusalbida* y la matriz ($W = 0.5$, $p = 0.0006639$).

Discusión

Los efectos de especies forestales introducidas en los bosques nativos de *P. subtusalbida* han sido estudiados en los últimos años (Aguirre et al. 2004; Martínez et al. 2006; Aguirre et al. 2007; Gareca et al. 2007; Solís et al. 2014). Gareca y Martínez (2015) encontraron que las especies introducidas afectan en la reproducción y regeneración de *P. subtusalbida*, y este efecto

Tabla 1. Áreas y perímetros de los ámbitos hogareños de *Phyllotis osilae*. Hembra (H), macho (M).

Código	N. fixed points	N. noches	Área (m ²) MCP 95 %	Perímetro (m) MCP 95 %	Área (m ²) Kernel 95 %	Perímetro (m) Kernel 95 %
Localida de Pajcha						
H1	46	10	1,035.5	140.58	1,068.72	270.61
H2	63	10	3,010	207.70	2,271.65	426.41
H3	35	10	1,502	155.78	-	-
H4	45	10	1,491	156.18	1,777.89	297.11
H5	19	9	50.5	34.27	-	-
H6	18	9	255	70.73	-	-
H7	12	10	213.5	58.76	-	-
M8	7	2	177.5	66.31	-	-
Localidad de San Miguel						
H9	39	8	847.5	144.88	46.12	136.78
H10	43	8	2,450	245.68	37.75	136.69
M11	38	8	1,191	132.06	-	-
M12	63	8	1,274	182.99	50.45	142.12
H13	20	9	480	88.95	-	-
M14	31	6	1,668	191.92	-	-
H16	30	9	736	112.57	-	-
H17	32	10	499	87.22	971.09	169.37

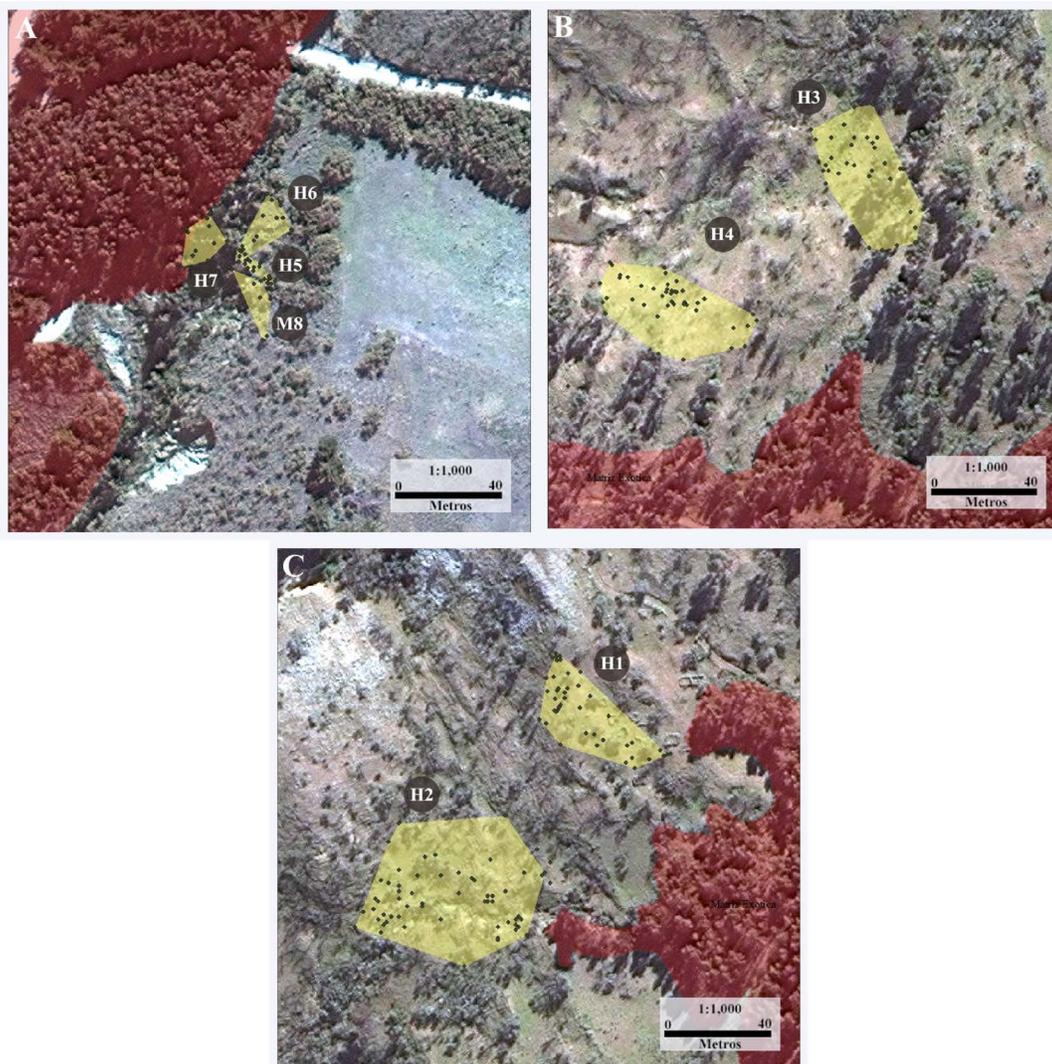


Figura 3. Ámbitos hogareños (polígonos amarillos) de la localidad de Pajcha con matriz de plantaciones de árboles exóticos (polígono rojo). A): Fragmento PAJ2, individuos H5, H6, H7 y M8. B): Fragmento PAJ1, individuos H4 y H3. C): Fragmento PAJ1, individuos H2 y H1.

puede diferir según la localidad y el tipo de bosque. La matriz de árboles exóticos igualmente tendría un efecto sobre los pequeños mamíferos como *P. osilae*. Nuestros resultados de ámbito hogareño muestran que la matriz de árboles exóticos no tendría un efecto sobre el área o perímetro, pero sí sobre su movilidad; esto se evidencia en la localidad de Pajcha, con la ausencia de movimientos de *P. osilae* de los fragmentos a la matriz exótica (Figura 2). [Kupfer et al. \(2006\)](#) mencionan que una matriz opera como una barrera, filtro o conducto que variará según el tipo de perturbación, en este caso, la matriz de árboles exóticos estaría operando como una barrera. La presencia de plantaciones forestales con plantas exóticas ocasiona impactos sobre los acuíferos y perturban gravemente el ciclo de nutrientes en los suelos debido a la resistencia a la descomposición de la materia orgánica muerta ([Navarro 2015](#)). Esto se ve reflejado en la ausencia casi total de matriz de árboles exóticos en los ámbitos hogareños, a excepción del individuo H7 (Figura 2) que presenta un 33 % de matriz exótica. Por otro lado, la matriz natural de pastizal tiene un rol importante en los ámbitos hogareños de *P. osilae*. [Patton et al. \(2015\)](#) indican que esta especie está muy restringida a los hábitats de pasto dominado por el género

Stipa en el Altiplano. La composición florística de localidad de San Miguel incluye gramíneas de este género (*Stipa ichu*), permitiendo la presencia de matriz natural de *P. osilae*, y en un caso H10 (Figura 3), el porcentaje de esta matriz es mayor que el fragmento.

Las diferencias entre los ámbitos hogareños de machos y hembras son comunes ([Sanches et al. 2012](#)). En ratones una característica típica es que los machos se sobrepongan con los de varias hembras ([Bonatto et al. 2013](#)). [Bond y Wolf \(1999\)](#) demostraron que en roedores microtinos (*Microtus canicaudus*) el tamaño del ámbito hogareño de los machos está influenciado por una combinación de la densidad, acceso a las hembras y competencia con los machos. [Bonatto et al. \(2012\)](#) determinaron en el ámbito hogareño de *Akodon azarae* los machos se evitan unos de otros, esta evasión espacial reflejaría la competencia entre los machos por monopolizar a las hembras receptivas, haciéndolos más vulnerables a ser depredados, razón por la cual se capturaron pocos individuos machos ($n = 4$). Los ámbitos hogareños de la localidad de Pajcha están conformados en su mayoría por hembras ($n = 6$; Figura 2), donde se observa que el 100 % de presencia de árboles

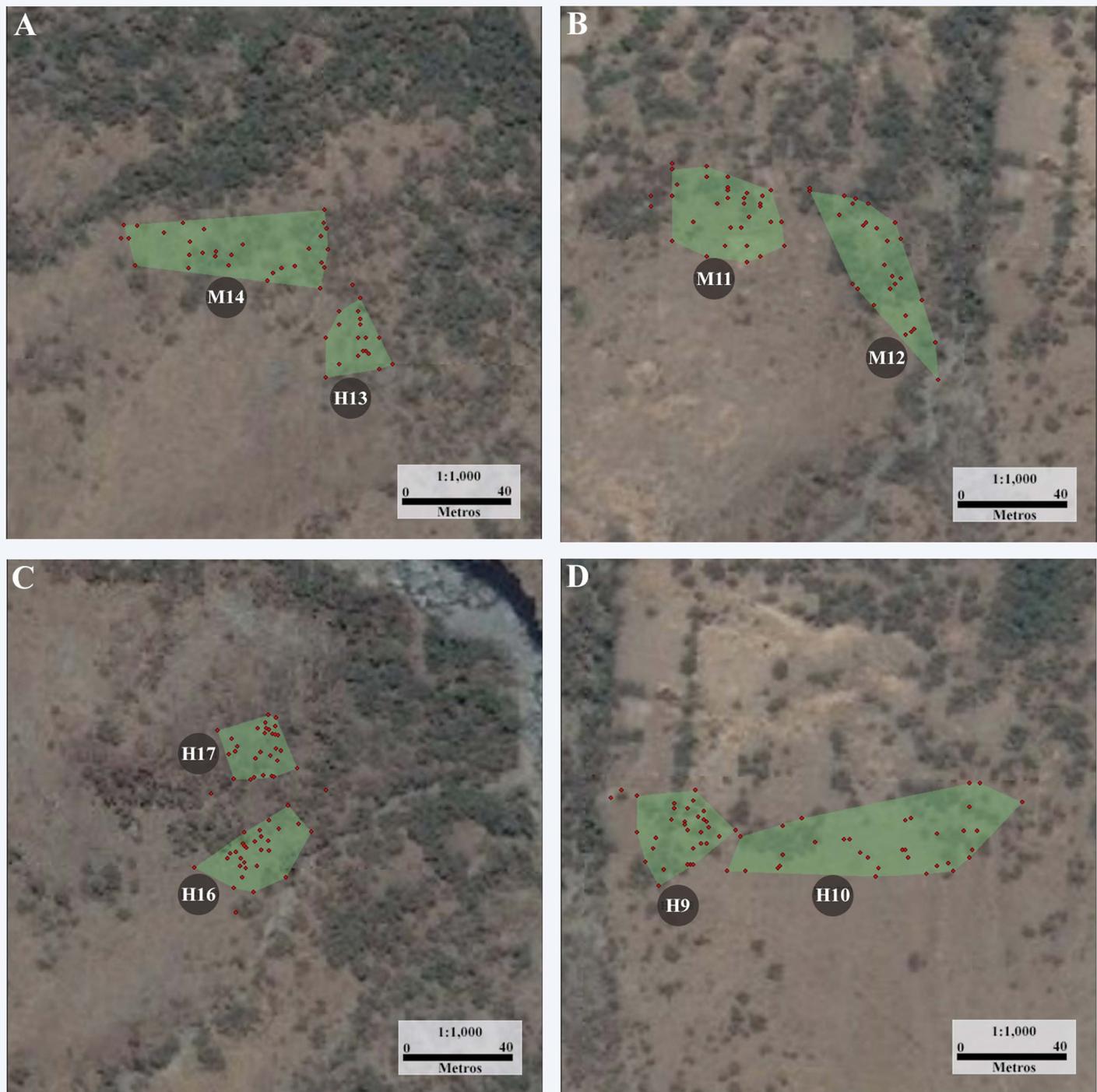


Figura 3. Ambitos hogareños (polígonos verdes) de la localidad de San Miguel con matriz de pastizales. A): Fragmento SM11, individuos M14 y H13. B): Fragmento SM11, individuos M11 y M12. C): Fragmento SM13, individuos H17 y H16. D): Fragmento SM11, individuos H9 y H10.

de *P. subtusalbida*, esto indicaría que los fragmentos de esta especie es un hábitat con abundantes recursos para pequeños mamíferos como *P. osilae*.

La generación de información sobre aspectos de la reproducción de *Polylepis* podría ayudar, en alguna medida, a remediar el problema de la fragmentación de estos bosques (Vega et al. 2018). La dispersión de semillas por el viento puede predominar en algunas especies de *Polylepis* (Simpson 1979), pero la superficie de los frutos de diferentes especies tiene crestas, bultos, espinas o alas, lo que también sugiere la dispersión animal (Simpson 1986). Balderrama (2013, com. pers.) encontraron que *P. osilae*

consume semillas de *P. subtusalbida*, además, determinaron el grado de daño causado a las semillas y registraron que el consumo parcial sería la principal forma de *P. osilae* para consumir semillas. También registraron que en fragmentos de bosques de *P. subtusalbida* con matriz de pastizal natural y plantaciones de árboles exóticos, *P. osilae* es la especie dominante en la estructura de la comunidad de roedores. Conocer aspectos de la biología de *Polylepis*, así como sus interacciones planta-animal son de mucha importancia, ya que roedores como *P. osilae* pueden estar incrementando la probabilidad de germinación de semillas y permitiendo la distribución de semillas hacia lugares donde la vegetación

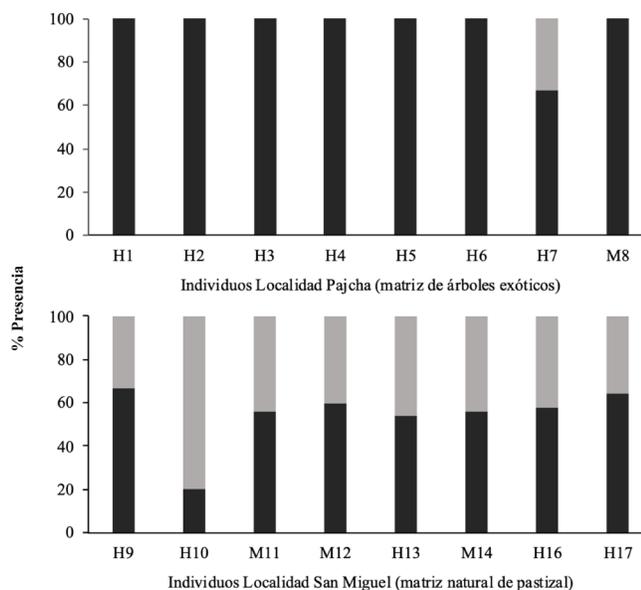


Figura 4. Porcentajes de presencia de *Polylepis subtusalbida* (color negro) y matriz (color gris) dentro los ámbitos hogareños de *Phyllotis osiale*.

natural ha sido removida, cumpliendo un rol importante en la recuperación y conservación de estos ecosistemas. Por lo anterior, conocer aspectos de su historia natural como su ámbito hogareño es de mucha importancia, al igual que sus respuestas a la fragmentación para predecir su propio destino y el de los bosques de *Polylepis*.

Agradecimientos

El trabajo fue realizado dentro el proyecto "Permeabilidad de la Matriz para el Flujo de Genes en Bosques Altoandinos Amenazados de *Polylepis*" del Centro de Biodiversidad y Genética de la Universidad Mayor de San Simón, financiado por la cooperación belga VLIR-IUC. Deseamos agradecer a O. Osco, P. Mejía, M. Peñaranda, L. Cáceres y S. Avilés por la colaboración en el trabajo de campo, igualmente a R. Vargas, J. Salazar, J. C. Pérez, D. Peñaranda y L. Siles. También deseamos agradecer a L. Guevara y a los dos revisores anónimos que mejoraron el manuscrito con sus comentarios. Igualmente deseamos dedicar este trabajo al Dr. Sydney Anderson quien ha sido un pilar fundamental en la mastozoología contemporánea boliviana.

Literatura citada

AGUIRRE, L. F., O. RUIZ, A. LISPERGUER, R. QUINTEROS, L. PAZ-SOLDÁN, Y D. BARJA. 2004. Biodiversidad y comunidades animales en bosques fragmentados andinos. *Ciencia y Tecnología* 3:7–10.

AGUIRRE, L. F., J. A. BALDERRAMA, C. F. PINTO, E. I. MARADIEGUE, Y R. VARGAS. 2007. Influencia de dos especies forestales exóticas sobre fauna terrestre de bosques nativos de kewiña en el Parque Nacional Tunari Pp. 1420–1424 in Congreso Internacional sobre Desarrollo, Medio Ambiente y Recursos Naturales: Sostenibilidad a múltiples niveles y escalas Vol. III. (Feyen, J., L. F. Aguirre, y M. Moraes, eds.). Cochabamba, Bolivia.

ANDERSON, S. 1997. Mammals of Bolivia, taxonomy and distribution. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 231:1–652.

ARRÁZOLA, S. 2011. *Polylepis subtusalbida*. Pp. 62–64 in Libro Rojo de la Flora amenazada de Bolivia. Vol. I. Zona Andina (Ministerio de Medio Ambiente y Agua). La Paz, Bolivia.

BONATTO F., D. GOMEZ, A. STEINMANN, Y J. PRIOTTO. 2012. Mating strategies of Pampean mouse males, *Animal Biology* 62:381–396.

BONATTO, F., J. CODA, D. GOMEZ, J. PRIOTTO, Y A. STEINMANN. 2013. Inter-male aggression with regard to polygynous mating system in Pampean grassland mouse, *Akodon azarae* (Cricetidae: Sigmodontinae). *Journal of Ethology* 31:223–231.

BOND, M. L., Y J. O. WOLFF. 1999. Does Access to Females or Competition among Males Limit Male Home-Range Size in a Promiscuous Rodent? *Journal of Mammalogy* 80:1243–1250.

BURT, W. 1943. Territoriality and Home Range Concepts as Applied to Mammals. *Journal of Mammalogy* 24:346–352.

CUMMING, G. S., Y D. CORNÉLIS. 2012. Quantitative comparison and selection of home range metrics for telemetry data. *Diversity and Distributions* 18:1057–1065

DELICIELLOS, A. C., C. DOS SANTOS DE BARROS, J. A. PREVEDELLO, M. S. FERREIRA, R. CERQUEIRA, Y M. V. VIEIRA. 2018. Habitat fragmentation affects individual condition: evidence from small mammals of the Brazilian Atlantic Forest. *Journal of Mammalogy* 99:936–945.

DRESSLER, F., S. RIPPERGER, M. HIEROLD, T. NOWAK, C. EIBEL, B. CASSENS, F. MAYER, K. MEYER-WEGENER, Y A. KOLPIN. 2016. From radio telemetry to ultra-low-power sensor networks: tracking bats in the wild. *Institute of Electrical and Electronics Engineers Communications Magazine* 54:129–135.

EIRIS, G. C., Y G. R. BARRETO. 2009. Home range of marsh rats, *Holochilus sciureus*, a rodent pest in rice fields of Venezuela. *Interciencia* 34:400–405.

FJELDSÁ, J., Y M. KESSLER. 2004. Conservación de la biodiversidad en los bosques de *Polylepis* de tierras altas de Bolivia. Una contribución al manejo sustentable en los Andes, DIVA Technical Report 11, Editorial FAN. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

FORMAN, R. T. T. 1995. Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.

GARECA, E., Y. Y. MARTÍNEZ, R. O. BUSTAMANTE, L. F. AGUIRRE, Y M. M. SILES. 2007. Regeneration patterns of *Polylepis subtusalbida* growing with the exotic trees *Pinus radiata* and *Eucalyptus globulus* at Parque Nacional Tunari, Bolivia. *Plant Ecology* 193:253–263.

GARECA, E., Y Y. Y. MARTÍNEZ. 2015. Árboles introducidos y nativos conviviendo en el Parque Nacional Tunari – ¿Tienen problemas? Pp. 220–223 in Biodiversidad, Ecología y Conservación del Valle Central de Cochabamba. Centro de Biodiversidad y Genética (CBG), Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia.

HAMMER, Ø., D. A. HARPER, Y P. D. RYAN. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica* 4: 9.

HARRIS, S., W. J. CRESSWELL, P. G. FORDE, W. J. TREWHELLA, T. WOOLLARD, Y S. WRAY. 1990. Home-range analysis using radio-tracking data—a review of problems and techniques particularly as applied to the study of mammals. *Mammal Review* 20:97–123.

HERSHKOVITZ, P. 1962. Evolution of Neotropical Cricetine Rodents (Muridae) with special reference to the Phyllotine group. *Fieldiana, Zoology* 46:1–524.

- IBISCH, P. L., y G. MÉRIDA (EDS.).** 2003. Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia, Estado de Conocimiento y Conservación. Ministerio de Desarrollo Rural, Agropecuario y Medio Ambiente. Editorial FAN. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- JAYAT, J. P., y S. PACHECO.** 2006. Distribución de *Necromys Lactens* y *Phyllotis osilae* (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae) en el noroeste argentino: Modelos predictivos basados en el concepto de nicho ecológico. *Mastozoología Neotropical* 13:69–88.
- JORGE, M. L. S. P.** 2008. Effects of forest fragmentation on two sister genera of Amazonian rodents (*Myoprocta acouchi* and *Dasyprocta leporina*). *Biological Conservation* 141:617–623.
- KUPFER, J. A., G. P. MALANSON, y S. B. FRANKLIN.** 2006. Not seeing the ocean for the islands: the mediating influence of matrix-based processes on forest fragmentation effects. *Global Ecology and Biogeography* 15:8–20.
- MARTÍNEZ, Y. Y., E. GARECA, L. MENESES, F. R. CASTRO, y L. F. AGUIRRE.** 2006. Cambios en la morfología de frutos y germinación de semillas de *Polylepis besseri* por interacciones con especies exóticas en el Parque Nacional Tunari. Pp. 55 in Libro de resúmenes II Congreso internacional de ecología y conservación de bosques de *Polylepis* (Ojeda P., M. Guardamiño, C. Aucá, J. Cahill, y H. Arnal, eds.). Centro de Biodiversidad y Genética, UMSS Bolivia y American Bird Conservancy. Lima, Perú.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, AGUA Y CAMBIO CLIMÁTICO.** 2011. Libro Rojo de la Flora amenazada de Bolivia. Vol. I. Zona Andina. La Paz, Bolivia.
- MOHR, C. O.** 1947. Table of equivalent populations of North American small mammals. *American Midland Naturalist* 37:223–249.
- NAVARRO, G.** 2015. Ecosistemas altimontanos de la Cordillera del Tunari, Geobotánica. Pp. 178–194 in Biodiversidad, Ecología y Conservación del Valle Central de Cochabamba. (Navarro, G., L. F. Aguirre, y M. Maldonado, eds.) Centro de Biodiversidad y Genética (CBG), Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia.
- NAVARRO, G., L. F. AGUIRRE, y M. MALDONADO (EDS.).** 2015. Biodiversidad, Ecología y Conservación del Valle Central de Cochabamba. Centro de Biodiversidad y Genética (CBG), Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia.
- OSTFELD, R. S.** 1985. Limiting resources and territoriality in microtine rodents. *The American Naturalist* 126:1–15.
- PATTON, J. L., U. F. J. PARDIÑAS, y G. D'ELÍA (EDS.).** 2015. Mammals of South America, Volume 2 Rodents. The University of Chicago Press. Chicago, EE.UU.
- PREVEDELLO, J. A., y M. V. VIEIRA.** 2010. Does the type of matrix matter? A quantitative review of the evidence. *Biodiversity and Conservation* 19:1205–1223.
- RUIZ, O., L. F. AGUIRRE, R. VARGAS, R. AGUAYO, F. ALFARO, y K. MOYA.** 2004. Protocolo de investigación para la fauna altoandina del Parque Nacional Tunari, Parte I: Mamíferos, Anfibios y Reptiles. Documentos en Biodiversidad y Conservación 1:1–17.
- SANCHES, V. Q. A., M. M. DE ARRUDA GOMES, F. DE CAMARGO PASSOS, G. GRACIOLLI, y A. CESAR DE AQUINO RIBAS.** 2012. Home-range and space use by *Didelphis albiventris* (Lund 1840) (Marsupialia, Didelphidae) in Mutum Island, Paraná river, Brazil. *Biota Neotropica* 12:1–6.
- Santini, L., M. Di Marco, P. Viscontia, D. Baisero, L. Boitani, y C. Rondinini.** 2013. Ecological correlates of dispersal distance in terrestrial mammals. *Hystrix* 24:181–186.
- SIKES, R. S., W. L. GANNON, y THE ANIMAL CARE AND USE COMMITTEE OF THE AMERICAN SOCIETY OF MAMMALOGISTS.** 2011. Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research. *Journal of Mammalogy* 92:235–253.
- SIMPSON, B. B.** 1979. A revision of the genus *Polylepis* (Rosaceae: Sanguisorbeae). *Smithsonian Contributions to Botany* 43:1–62.
- SIMPSON, B. B.** 1986. Speciation and specialization of *Polylepis* in the Andes. Pp. 304–316 in High altitude tropical biogeography (Vuillemier, F., y M. Monasterio, eds.). Oxford University Press & American Museum of Natural History. New York, EE. UU.
- SOLÍS, C., Y. Y. MARTÍNEZ y E. GARECA.** 2014. Relación entre las condiciones del origen de las semillas y la germinación de *Polylepis subtusalbida* en vivero. Pp. 161 in Memorias del IV Congreso de ecología en Bolivia (Mostacedo, B., D. Villarroel, M. Toledo, J. Pinto, G. Carreño-Rocabado, B. Flores, Y. V. Usiar, eds.). Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Santa Cruz, Bolivia.
- SPOTORNO, A. E., J. P. VALLADARES, J. C. MARIN, R. E. PALMA, y C. ZULETA.** 2004. Molecular divergent and phylogenetic relationships of Chinchillids (Rodentia: Chinchillidae). *Journal of Mammalogy* 85:384–388.
- STEPHAN, S. J.** 1995. Revision of the Tribe Phyllotini (Rodentia: Sigmodontinae), with a phylogenetic hipótesis for the Sigmodontinae. *Fieldiana Zoology* 146:1–112.
- TARIFA, T., y E. YENSEN.** 2001. Mammals of Bolivian *Polylepis* woodlands. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 9:29–44.
- TARIFA, T., y L. F. AGUIRRE.** 2009. Capítulo 6. Mamíferos. Pp. 419–572 in el Libro rojo de la fauna silvestre de vertebrados de Bolivia (Ministerio de Medio Ambiente y Agua) La Paz, Bolivia.
- VARGAS, R., E. I. MARADIEGUE, y L. F. AGUIRRE.** 2007. Pequeños mamíferos de bosques nativos y plantaciones forestales exóticas en el Parque Nacional Tunari, Cochabamba, Bolivia Pp. 1374–1381 in Congreso Internacional sobre Desarrollo, Medio Ambiente y Recursos Naturales: Sostenibilidad a múltiples niveles y escalas Vol. III. (Feyen, J., L. F. Aguirre, y M. Moraes, eds.). Cochabamba, Bolivia.
- VEGA, C. K., C. G. VILLEGAS, P. A. ROCABADO, J. A. N. QUEZADA, M. Y. LÓPEZ, y A. W. QUEVEDO.** 2018. Biología reproductiva de tres especies de *Polylepis* (*P. neglecta*, *P. incarum* y *P. pacensis*), con énfasis en su comportamiento germinativo. *Ecología Austral* 28:310–324.
- WHITE G. C., y R. A. GARROTT.** 1990. Analysis of Wildlife Radio-Tracking Data, Academic Press. California, EE.UU.
- WOOD, B. A., L. CAO, y M. D. DEARING.** 2010. Deer mouse (*Peromyscus maniculatus*) home-range size and fidelity in sage-steppe habitat. *Western North American Naturalist* 70:345–354.
- WORTON, B. J.** 1989. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. *Ecology* 70:164–168.
- YENSEN, E., y T. TARIFA.** 2002. Mammals of Bolivian *Polylepis* woodlands: guild structure and diversity patterns in the world's highest woodlands. *Ecotropica* 8:145–162.

Associated editor: Lazaro Guevara

Submitted: May 20, 2020; Reviewed: July 28, 2020;

Accepted: August 11, 2020; Published on line: September 17, 2020.