

Patrones de riqueza potencial de especies y áreas importantes para la conservación de murciélagos (AICOMs) de Bolivia

Potential patterns of species richness and important areas for bat conservation (AICOMs) from Bolivia

Aideé Vargas^{1,2}, Luis F. Aguirre^{1,3}, Lizette Siles^{4,7}, Marcos F. Terán^{1,5},
Isabel Moya¹ & Carlos M. Zambrana-Torrel^{1,6}

RESUMEN

La representación potencial de la distribución de especies es una herramienta útil en planificación para la conservación. En este sentido, el objetivo de este trabajo es identificar áreas de concentración de riqueza de especies, de especies amenazadas y de especies raras de murciélagos, y con ello proponer Áreas Importantes para la Conservación de Murciélagos (AICOM's). Para ello, se compiló la información georeferenciada sobre la distribución de murciélagos de Bolivia y se modeló la distribución potencial individual de 113 especies empleando el algoritmo MaxEnt y ArcView Gis 3.2. La mayor riqueza potencial de especies se encuentra en el Sudoeste de la Amazonía, Yungas, Cerrado y Sabanas Inundables, al este y noreste de Bolivia, en estos sitios entre 54 a 82 especies se concentran cubriendo 13% de la superficie de Bolivia. Siete especies catalogadas en alguna categoría de amenaza estuvieron concentradas en el Sudoeste de la Amazonía y Yungas, ocupando 0,002% del territorio boliviano; aproximadamente en el 76% de Bolivia existe al menos una especie amenazada, y de ésta área, el 15% se encuentra en áreas protegidas. Entre 4 a 5 especies raras se concentraron al Sudoeste de la Amazonía, Bosque Seco Chiquitano y Yungas, abarcando 0,04% del territorio. Al menos en el 63% de la superficie nacional se encuentra una especie rara, y de esta superficie, el 18% se encuentra al interior de áreas protegidas. A través de este análisis se identificaron las AICOM's con prioridad *Muy Alta* ubicadas en Yungas, Cerrado y Sudoeste de la Amazonía, cubriendo 1% del territorio. De esta área, el 23% se encuentra en áreas protegidas (PN-ANMI Madidi y PN Carrasco). AICOM's con prioridad *Alta* se concentraron al Sudoeste de la Amazonía, Bosque Chiquitano y Yungas, cubriendo el 8% del territorio. De esta superficie, el 33% se encuentra distribuida en seis áreas protegidas. AICOM's con prioridad *Medía, Baja y Muy Baja* se encuentran en el resto del territorio boliviano, cubriendo aproximadamente 90% de la superficie de Bolivia. La identificación de las AICOM's se constituye en una herramienta importante para la protección de murciélagos amenazados en Bolivia.

Palabras Clave Modelos predictivos, Murciélagos, MaxEnt, ArcView GIS, Ecorregiones, AICOM's, Bolivia.

ABSTRACT

The representation of potential species distribution is a useful tool for conservation planning. For this reason, this work seeks to identify areas with species richness, threatened species and rare species of bats, and proposes "Important Areas for Bat Conservation" (AICOM's). The available geo-referenced bat distribution for Bolivia was compiled and the potential distributions of 113 individual species were modeled using the algorithm Maxent and ArcView GIS 3.2. The largest potential species richness in Bolivia is in eastern and northeastern Bolivia: Southwestern Amazonia, Yungas, Cerrado and Flooded Savannas. In these regions between 54 to 82 species are concentrated into about 13% of the area of Bolivia. Seven species, listed in some threat category, are found in the Southwestern Amazonia and Yungas, which occupies only 0.002% of the Bolivian territory. Approximately 76% of Bolivia harbors at least one threatened bat species, and, only 15% of this area is protected. Four to five rare species are distributed in the Southwestern Amazonia, Yungas and Chiquitano Forest, which covers 0.04% of the territory. Rare bat species are found in at least 63% of the national area, but only 18% of this is protected area. This analysis identified AICOM's with *Very High* Conservation priority located in Yungas, Cerrado and Southwest Amazonia, 1% of the Bolivian territory. Of this area, 23% was in protected areas (PN Madidi and PN Carrasco). *High* priority AICOM's were located in the Southwest Amazonia, Yungas and Chiquitano Dry Forest, an extension of 8% of the territory. 33% of this adrea is distributed in six protected areas. *Medium, Low and Very Low* AICOM's that were identified in the rest of Bolivia, cover approximately 90% of the country's area. The identification of Important Areas for Bat Conservation (AICOM's) constitutes an important tool for protection of endangered bats in Bolivia.

Key Words Predictive models, bats, MaxEnt, ArcView GIS, Ecoregions, AICOM's, Bolivia.

¹ Centro de Estudios en Biología Teórica y Aplicada, Programa para la Conservación de Murciélagos de Bolivia, Urbanización Las Magnolias II, c.30, Cochabamba, Bolivia. E-mail: chiroderma@gmail.com

² Departamento de Ciencias, Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN – Bolivia), carretera antigua a Cbba, Km 7 y ½., Santa Cruz – Bolivia.

³ Centro de Biodiversidad y Genética, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba - Bolivia

⁴ Museo de Historia Natural Alcide d'Orbigny. Av. Potosí 1458, Cochabamba - Bolivia

⁵ Asociación para la Conservación de la Amazonía (ACA), Proyecto Conservación e Investigación de las Pampas del Heath, Área de Mastozoología, Casilla 10077, La Paz - Bolivia.

⁶ EcoHealth Alliance (formerly know as Wildlife Trust) 460 West 34th – 17th Floor, New York, NY 10001, tel 212-380-4466

⁷ Department of Biological Sciences and the Museum, Texas Tech University, Lubbock, Texas 79409, USA.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de modelos predictivos que permiten modelar la distribución potencial de especies y determinar centros de riqueza, es una alternativa útil para evaluar áreas desconocidas o que no cuentan con registros suficientes (Guisan y Thuiller, 2005). Los resultados de estos modelos permiten identificar sitios de alta importancia biológica, los cuales pueden orientar el establecimiento y configuración de unidades de conservación que permitan la persistencia de la biodiversidad y otros valores naturales que contienen (Araújo y Williams, 2000; Ferrier *et al.*, 2002; Loiselle *et al.*, 2003; Wilson *et al.*, 2005; Pressey *et al.*, 2007). En Bolivia, estos modelos han sido utilizados para modelar la distribución potencial de aves (Ibisch y Mérida, 2003) y primates (Mercado y Wallace, 2010) como una herramienta alternativa novedosa para avanzar en el conocimiento biogeográfico de muchos grupos.

Los murciélagos son uno de los grupos con mayor diversificación en el Neotrópico, conformando cerca de la tercera parte de la fauna de mamíferos (Simmons, 2005). Su alta diversificación, junto con su ubicación en diferentes niveles de la cadena trófica, los sitúa como importantes reguladores de procesos ecológicos (Fenton *et al.*, 1992; Ochoa, 2000). En Bolivia, este grupo se encuentra representado por 132 especies que se distribuyen en gran parte de la extensión del país, algunas de las cuales alcanzan altitudes próximas a los 3800 m (Acosta y Venegas, 2006; Aguirre *et al.*, 2003, 2010a). Hace diez años 112 especies de murciélagos eran conocidas (Anderson, 1997), sin embargo gracias a un aumento en los estudios realizados este número se ha incrementado en un 10% y existe un consenso generalizado de que aún es posible el registro de nuevas especies (Aguirre *et al.*, 2009). Esto significa que todavía existe un área potencial de distribución donde no se han realizado inventarios, originando vacíos de información y conocimiento sobre los patrones de diversidad del grupo.

Aguirre *et al.* (2003) mostraron que los inventarios taxonómicos en el grupo se han focalizado en el Sudoeste de la Amazonía y en los Yungas, sugiriendo que éstas serían las ecorregiones (*sensu* Ibisch *et al.*, 2003) o provincias biogeográficas (Acre-Madre de Dios y Yungas, respectivamente, *sensu* Navarro, 2002) que albergarían las mayores concentraciones de especies del grupo. Este patrón está claramente influenciado por el mayor esfuerzo de muestreo (aspecto resaltado por dichos autores) y podría sobrestimar la identificación de

sitios prioritarios para la conservación del grupo. Zonas como el Pantanal y la extensa región Andina han sido menos exploradas comparadas con otras regiones del país. La aplicación de modelos predictivos para subsanar vacíos de información o insuficiencia de datos para algunas especies de murciélagos ha sido realizada como un ejercicio preliminar (Zambrana-Torrel, 2007). El conocimiento de la distribución potencial de especies y la información que proporciona sobre los patrones de centros de riqueza de especies representan insumos claves para identificar sitios de importancia para la conservación de la diversidad biológica de este grupo. Igualmente, permiten inferir la distribución potencial y áreas de concentración de especies amenazadas y aquellas consideradas raras. En Bolivia no se ha registrado especies endémicas de murciélagos (Aguirre *et al.*, 1999, 2009, 2010a), por lo que no se incluyen en este tipo de análisis.

Para identificar las Áreas Importantes para la Conservación de Murciélagos de Bolivia (en adelante AICOM's), utilizamos una base de información georeferenciada y actualizada de murciélagos para toda Bolivia. Localizamos las AICOM's, bajo los criterios de riqueza potencial de especies y áreas de concentración de especies amenazadas y raras. Examinamos también las relaciones biogeográficas de los ensamblajes potenciales de especies de murciélagos, cuyos resultados analizamos comparativamente con aquellos reportados por Aguirre *et al.* (2003).

ÁREA DE ESTUDIO

La República de Bolivia tiene una extensión superficial de 1'098 581 Km², ocupando el quinto lugar en tamaño respecto a los países de Sudamérica. Biogeográficamente, el territorio boliviano se encuentra dividido en 12 regiones ecológicas o ecorregiones: Sudoeste de la Amazonía (que agrupa las subecorregiones de Bosques Amazónicos de Pando, Beni y Santa Cruz, de Inundación, Preandinos y Subandinos), Cerrado (que agrupa las subecorregiones de Cerrado Chiquitano, Chaqueño, Paceño y Beniano), Sabanas Inundables (que incluye las subecorregiones de Llanos de Moxos y Pantanal), Bosque Seco Chiquitano, Puna Sureña (con las subecorregiones de Puna Seca y la Puna Desértica con Pisos Nivales y Subnivales), Prepuna, Bosques Secos Interandinos, Chaco Serrano, Bosque Tucumano-Boliviano, Yungas, Puna Norteña (que incluye la Puna Húmeda, Puna Semihúmeda y la Vegetación Altoandina de la Cordillera Oriental) y Gran Chaco (Ibisch *et al.*, 2003). Una porción importante de estas ecorregiones

se encuentra resguardada bajo el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, que reconoce 22 áreas con diferentes categorías de protección y manejo (SNAP, Sernap, 2004).

MATERIALES Y MÉTODOS

1) Base de datos.

La base de datos de murciélagos de Bolivia previamente compilada y sistematizada por Aguirre *et al.* (2003) fue actualizada por el Programa para la Conservación de Murciélagos de Bolivia (PCMB) hasta el año 2008, con información proveniente de diversas publicaciones, registros de investigadores cuyos datos no fueron publicados y datos provenientes de la colección de murciélagos del Museo de Historia Natural Alcide d'Orbigny, Cochabamba. Entre los trabajos que contienen información relevante sobre la distribución de murciélagos destacan los de Terán (2004), Siles *et al.* (2005), Vargas *et al.* (2005), Acosta y Aguanta (2006), Emmons *et al.* (2006), Siles (2007), Vargas (2007, 2008), Vargas y Balderrama (2009), Vargas y Rocha, (2009), Moya, (2010) y Aguirre *et al.* (2010a).

La base de datos generada contiene 3899 registros que corresponde a individuos que fueron colectados (muestras preservadas), e individuos que fueron liberados (solo se incluyeron datos confiables) de 125 especies de murciélagos distribuidos en ocho familias presentes en Bolivia: Phyllostomidae (58%, 2261 registros), Molossidae (15%, 85 registros), Vespertilionidae (14%, 546 registros), Emballonuridae (6%, 234 registros), Mormoopidae (2%, 78 registros), Noctilionidae (2%, 78 registros), Thyropteridae (2%, 78 registros) y Natalidae (1%, 39 registros). Furipteridae no fue considerado para el análisis. Los registros fueron evaluados en cuanto a la sinonimia de los nombres científicos, validación de las coordenadas del registro y eliminación de datos duplicados. La base de datos y este estudio se basaron en la nomenclatura taxonómica propuesta por Simmons (2005). De acuerdo a la disponibilidad de registros en la base de datos, dos conjuntos de especies fueron diferenciados. Un primer grupo con las especies que poseen cinco o más registros (90 especies, 72% del total de especies) y un segundo grupo con aquellas especies que poseen menos de cinco registros en total (35 especies, 28% del total de especies). Los métodos empleados para los análisis de la distribución potencial de las especies de ambos conjuntos son detallados en la siguiente sección.

2) Distribución potencial de especies.

Grupo de especies con ≥ 5 registros (método inductivo) - La distribución potencial de estas especies fue modelada usando el algoritmo MaxEnt (Maximum Entropy Modelling, <http://maxent.sourceforge.net>, Phillips y Dudik, 2008). El algoritmo fue aplicado con una resolución de celda de 0,81 km² (0.0083° × 0.0083°) y las variables predictivas que se usaron para producir los modelos fueron: datos climáticos (WorldClim, Hijmans *et al.*, 2005, Anexo 1), vegetación (Complejos de Sistemas Ecológicos, Josse *et al.*, 2007), datos que representan zonas de inundación, cuerpos de agua (ríos y lagunas, Ministerio de Desarrollo Sostenible, 2004) y datos de ecorregiones propuestas para Bolivia (Ibisch *et al.*, 2003). Los registros de especies fueron divididos en dos partes: 80% de los registros fueron usados para crear los modelos y el 20% restante fueron usados para validarlos (modificado de Phillips *et al.*, 2006). El desempeño de cada modelo se evaluó usando el área bajo la curva (en inglés, AUC), valores entre 1 y 0,5 indican buenas predicciones (Phillips *et al.*, 2006). Los modelos resultantes fueron reclasificados en ArcGis 9.3 usando una relación binaria de presencia (1) o ausencia (0). Doce especies (*Choeroniscus minor*, *Platyrrhinus brachycephalus*, *P. helleri*, *P. masu*, *P. lineatus*, *P. nigellus*, *Sturnira sorianoi*, *Vampyressa thuyone*, *Eptesicus andinus*, *E. furinalis*, *E. chiriquinus* y *Myotis nigricans*) fueron excluidas del análisis debido a la posibilidad de identificación dudosa. Después de la supervisión de expertos sólo 46 de los 78 mapas producidos (56%) produjeron distribuciones congruentes con la historia natural y distribución actual de las especies (ver Anexo 2).

Grupo de especies con < 5 registros (método deductivo) - Un total de 35 especies de nuestra base de datos tuvieron menos de 5 registros, los modelos de distribución potencial de este grupo de especies, además de aquellas especies que no tuvieron resultados congruentes usando MaxEnt (un total de 32 especies) fueron modeladas usando el método deductivo, que hace uso de la información acerca de la historia natural de las especies (ver Anexo 2). En este estudio usamos información acerca de las unidades de vegetación donde las especies fueron reportadas, de sus requerimientos ecológicos (basados en Aguirre, 2007, UICN, 2008), límites ecorregionales y límites altitudinales. Los modelos de distribución fueron producidos intersectando las siguientes variables: altitud (GLCF - USGS, 2004), Complejo de Sistemas Ecológicos (Josse *et al.*, 2007), series de vegetación (Navarro y Ferreira, 2004, 2007), geología

(GEOBOL, 1978) y fisiografía (Ministerio de Desarrollo Sostenible, 2004, Anexo 1). Al igual que en el método inductivo, los modelos de distribución resultantes fueron binarios (0: ausencia; 1: presencia).

3. Identificación de Áreas Importantes para la Conservación de Murciélagos

Los modelos de distribución potencial individual fueron agrupados para generar los siguientes mapas: **(a) centros de riqueza potencial de especies**, basado en la combinación de los modelos de distribución potencial de las 113 especies de murciélagos de Bolivia (método inductivo: 46 especies, método deductivo: 67 especies) (Fig. 1a); **(b) áreas potenciales de concentración de especies amenazadas**, basado en la combinación de los modelos de distribución potencial de doce especies de murciélagos (*Lonchorhina aurita*, *Vampyrum spectrum*, *Natalus espiritosantensis*, *Trinycteris nicefori*, *Platyrrhinus albericoi*, *Anoura cultrata*, *Macrophyllum macrophyllum*, *Diphylla ecaudata*, *Glyphonycteris daviesi*, *Myotis dinellii*, *M. simus* y *Lophostoma carrikeri*) considerados por Tarifa y Aguirre (2009) en alguna de las categorías de amenaza (“En Peligro”, “Vulnerable” y “Casi Amenazada”) en el Libro Rojo de la Fauna Silvestre de Vertebrados de Bolivia (Fig. 1b, Anexo 2); **(c) áreas potenciales de concentración de especies consideradas raras**, basado en la combinación de las distribuciones potenciales de doce especies de murciélagos considerados raros (*Anoura cultrata*, *Glyphonycteris behnii*, *Lonchophylla dekeyseri*, *Lonchorhina aurita*, *Micronycteris sanborni*, *M. schmidtorum*, *Molossops mattogrossensis*, *Myotis dinellii*, *Platyrrhinus albericoi*, *Pteronotus personatus*, *Saccopteryx canescens* y *Trinycteris nicefori*). La rareza a nivel de Bolivia fue definida a partir de los criterios de i) extensión geográfica en Bolivia, ii) especificidad de hábitat, iii) abundancia local y iv) ocupación del hábitat (Rabinowitz *et al.*, 1986; Rey Benayas, 2009) (Fig. 1c, Anexo 2). Los mapas resultantes fueron analizados usando la propuesta de límites y configuración de ecorregiones de Ibsch *et al.* (2003).

Con el propósito de identificar Áreas Importantes para la Conservación de Murciélagos (AICOMs), cada mapa fue categorizado a través del software ArcGis 9.3 en cinco clases iguales (Equal Interval), donde (1): muy alto, (2): alto, (3): medio, (4): bajo y (5): muy bajo. Los tres mapas (a, b y c) fueron combinados. El mapa resultante fue contrastado con el mapa de estado de

conservación de hábitats de Bolivia (EDC, Ibsch *et al.*, 2007) extrayendo las coberturas que corresponden a los sitios identificados con estado de conservación regular, malo y crítico.

La representatividad de las AICOMs hacia el interior de las áreas protegidas de carácter nacional fue analizada sobreponiendo al mapa final de AICOMs la cobertura vigente del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP, Sernap, 2004). El criterio de representación mínima fue de 10% de la cobertura total de las AICOMs. La unidad de análisis utilizada en la interpretación de los resultados fue la celda.

RESULTADOS

1. Centros de riqueza potencial de especies.

La riqueza potencial de especies estuvo particularmente agrupada (entre 54 y 82 especies/celda de 0,81 km²) en las ecorregiones de afinidad amazónica, todas ellas ubicadas al este y noreste de Bolivia (Sudoeste de la Amazonía, Cerrado, Sabanas Inundables y Yungas *sensu* Ibsch *et al.* 2003). Este conjunto de celdas abarcó más de 145 mil km² (13% de la superficie total de Bolivia, Fig. 1a). De esta superficie, aproximadamente 32 mil km², cerca del 22% se encuentra dentro de alguna de las siguientes áreas protegidas: Parque Nacional - Área Natural de Manejo Integrado Madidi (PN-ANMI Madidi), la Reserva de la Biosfera - Territorio Indígena Pilón Lajas (RB-TI Pilón Lajas), el Parque Nacional - Territorio Indígena Isiboro Sécore (PN-TI Isiboro Sécore), el Parque Nacional Carrasco (PN Carrasco) y el Parque Nacional - Área Natural de Manejo Integrado Amboró (PN-ANMI Amboró). Las ecorregiones de tierras altas (Puna Norteña, Puna Sureña y Prepuna) fueron las que mostraron los menores valores de riqueza potencial de especies (menos de 10 especies). Otras ecorregiones como el Chaco, los bosques interandinos, el bosque Tucumano-Boliviano y el Chaco Serrano tendrían potencialmente entre 11 y 30 especies. Estas ecorregiones se encuentran localizadas en la parte central-sureste de Bolivia (Fig. 1a). En total, cerca de 950 mil km² (87% de la superficie de Bolivia) estarían cubiertos por la presencia potencial de al menos una de las 113 especies utilizadas en el análisis. De esta superficie, aproximadamente 160 mil km² (o 16%) estarían incluidas dentro de alguna de las áreas protegidas nacionales.

2. Áreas potenciales de concentración de especies amenazadas

Las áreas potenciales de concentración de especies amenazadas (hasta 7 especies/celda de 0,81 km²) están localizadas al sudoeste de la Amazonía (principalmente en los bosques amazónicos de Pando y los bosques amazónicos preandinos y subandinos) y los Yungas (parte septentrional oeste y la porción austral de esta ecorregión). El área potencial que cubre esta concentración de especies amenazadas es de 3 mil km² (0,002% de la superficie total de Bolivia, Fig. 1b). La Reserva Natural Amazónica Manuripi Heath (RNA Manuripi Heath), el PN-ANMI Madidi, la RB-TI Pilon Lajas y el PN Carrasco son las áreas protegidas que se superponen en estos sitios de alta concentración de especies, cubriendo un área aproximada a 670 km². Aproximadamente 820 mil km² (76% de la superficie de Bolivia) estarían cubiertos por la presencia potencial de al menos una especie de murciélago amenazada. De esta superficie, más de 120 mil km² (o 15%) estarían incluidos en el interior de áreas protegidas nacionales.

3. Áreas potenciales de concentración de especies raras

Las áreas potenciales de concentración de especies raras (entre 4 y 5 especies/celda de 0,81 km²) están localizadas en el Sudoeste de la Amazonía (principalmente en los Bosques Amazónicos de Pando, Beni y Santa Cruz), el Bosque Seco Chiquitano y los Yungas (principalmente en la porción austral de esta ecorregión). Este conjunto de celdas abarcó cerca de 47 mil km² (0,04% de la superficie total de Bolivia, Fig. 1c). El Parque Nacional Noel Kempff Mercado (PN Noel Kempff Mercado), el Área Natural de Manejo Integrado San Matías (ANMI San Matías), el Parque Nacional - Área Natural de Manejo Integrado Otuquis (PN-ANMI Otuquis), el PN Carrasco y el PN-ANMI Amboró cubren importantes porciones de las áreas de concentración detectadas. Cerca de 690 mil km² (63% de la superficie de Bolivia) estarían cubiertos por la presencia potencial de al menos una especie de murciélago amenazada. De esta superficie, alrededor de 125 mil km² (o 18%) estarían incluidos hacia el interior de áreas protegidas nacionales.

4. Áreas Importantes para la Conservación de Murciélagos de Bolivia (AICOMs)

AICOMs con prioridad *muy alta* - Las celdas de 0,81 km² que concentraron los valores más altos de riqueza potencial de especies y áreas potenciales de

concentración de especies amenazadas y raras estuvieron localizadas al noroeste de la ecorregión de Yungas, en el Cerrado (específicamente el Cerrado beniano) y en el sudoeste de la Amazonía. En esta última ecorregión, las celdas fueron ubicadas principalmente en los Bosques Amazónicos de Pando, de Beni y Santa Cruz, Preandinos, Subandinos y ligeramente en los Bosques Amazónicos de Inundación asociados a la cuenca del río Mamoré (cuenca baja). En total, las AICOMs de prioridad *muy alta* totalizaron cerca de 11 mil km² (~1% de la superficie total de Bolivia) (Fig. 1d). De esta superficie, aproximadamente 3 mil km² (o 23%) estarían incluidos en el interior de áreas protegidas nacionales, específicamente, en el PN-AMNI Madidi y el PN Carrasco.

AICOMs con prioridad *alta* - Las celdas de 0,81 km² que concentraron los valores altos de riqueza potencial de especies y áreas potenciales de concentración de especies amenazadas y raras estuvieron localizadas en la porción norte del sudoeste de la Amazonía, el bosque seco Chiquitano y los Yungas. Pequeñas zonas fueron detectadas en la ecorregión del Cerrado (Cerrado Chaqueño y Cerrado Paceño). En total, las AICOMs de prioridad *alta* totalizaron cerca de 84 mil km² (8% de la superficie total de Bolivia) (Fig. 1d). De esta superficie, 27 mil km² (o 33%) estarían incluidos hacia el interior de áreas protegidas nacionales (RNA Manuripi Heath, PN-ANMI Madidi, RB-TI Pilon Lajas, PN Carrasco, PN-ANMI Amboró y PN Noel Kempff Mercado).

AICOMs con prioridad *media* - Las zonas que concentraron valores moderados de riqueza potencial de especies, de especies amenazadas y raras estuvieron localizadas en las sabanas inundables (principalmente de Llanos de Moxos y en menor proporción del Pantanal), el Sudoeste de la Amazonía (principalmente en los Bosques Amazónicos Preandinos y de Inundación y en menor proporción en la región de Pando) y el Cerrado (Cerrado beniano). En total, las AICOMs de prioridad *media* representaron cerca de 250 mil km² (el 23% de la superficie total de Bolivia) (Fig. 1d). De esta superficie, 48 mil km² (o 19%) estarían incluidos hacia el interior de áreas protegidas nacionales.

AICOMs con prioridad *baja* - Las celdas de 0,81 km² que concentraron los valores bajos de riqueza potencial de especies, de especies amenazadas y raras estuvieron localizadas en las ecorregiones de Chaco Serrano y en los Bosques Secos Interandinos. Conjuntos menores de celdas fueron detectados en la parte central de los Yungas, el Cerrado (Cerrado Chaqueño) y la transición

entre el Bosque Seco Chiquitano y los Bosques Amazónicos de Beni y Santa Cruz. En total, las AICOMs de prioridad *baja* sumaron cerca de 152 mil km² (14% de la superficie total de Bolivia) (Fig. 1d).

áreas potenciales de concentración de especies amenazadas y raras estuvieron localizadas en las ecorregiones del Gran Chaco, la Puna Norteña y la Puna Sureña. En total, las AICOMs de prioridad *muy baja* totalizaron cerca de 590 mil km² (54% de la superficie total de Bolivia) (Fig. 1d).

AICOMs con prioridad *muy baja* - Las zonas con los valores más bajos de riqueza potencial de especies y

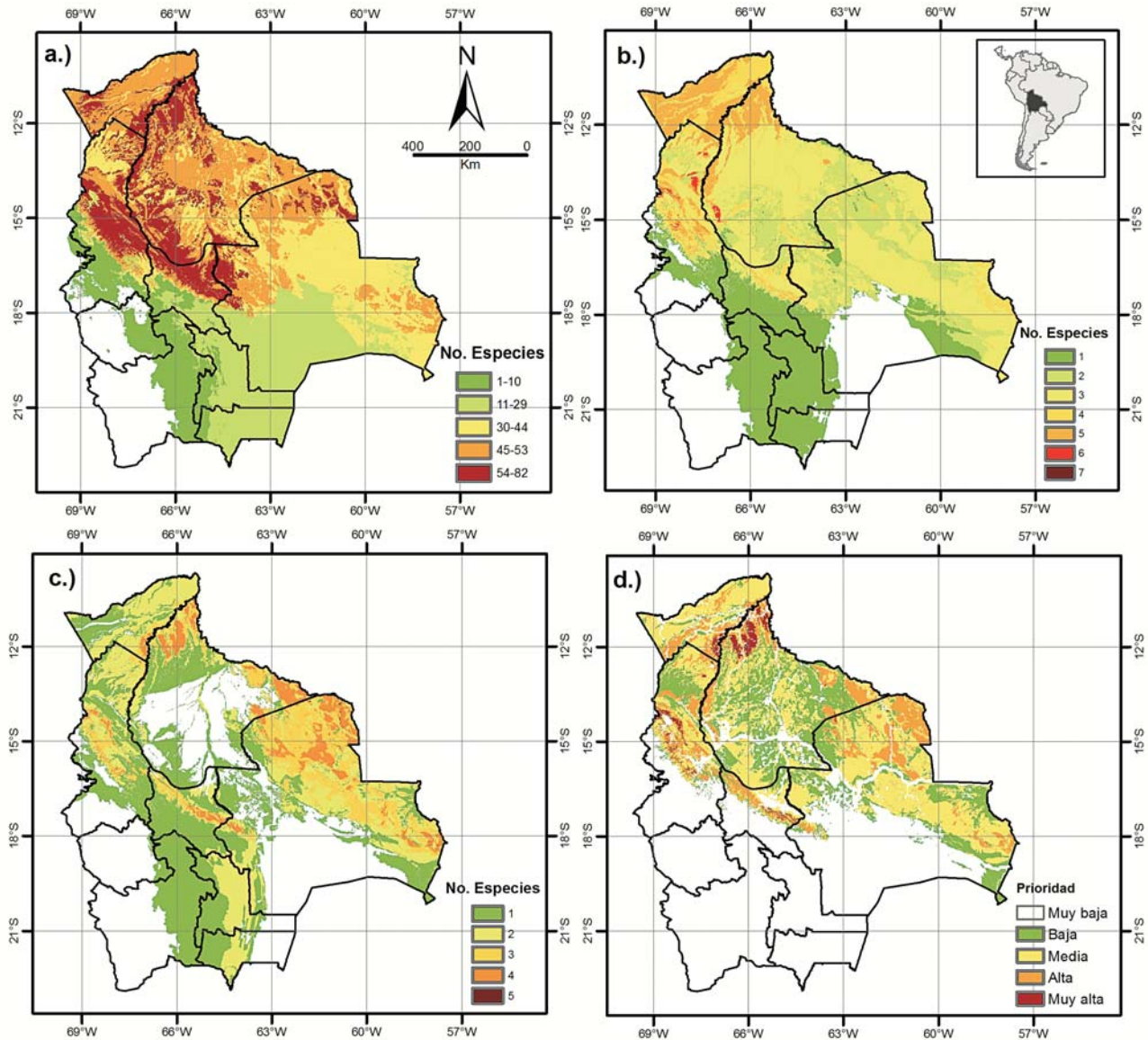


Figura 1. Patrones de distribución potencial de especies de murciélagos de Bolivia. a.) Centros de riqueza potencial de especies, generado a partir de las distribuciones individuales de 113 especies, b.) Áreas potenciales de concentración de especies consideradas amenazadas, generado a partir de las distribuciones individuales de 12 especies, c.) Áreas potenciales de concentración de especies consideradas raras para Bolivia, generado a partir de las distribuciones individuales de 12 especies, d.) Áreas de Importantes para la Conservación de Murciélagos de Bolivia (AICOM's), generado a partir de la combinación de los mapas a, b y c y el estado de conservación de hábitats de Bolivia (Ibisch *et al.*, 2007).

DISCUSIÓN

Las primeras aproximaciones al modelamiento de la distribución de especies de murciélagos de Bolivia fueron realizadas por Anderson (1997), quien documentó la distribución de murciélagos conocida hasta esa época. De manera similar a trabajos con otros grupos taxonómicos (p. ej. Guía de Aves, Guías de Mamíferos). Anderson (1997) propuso, prediciendo en algunos casos la distribución potencial de varias especies. Posteriormente, la distribución potencial de 55 especies de murciélagos fue modelada mediante el empleo del MaxEnt en la descripción de familias y especies de murciélagos de Bolivia (Zambrana-Torrelío, 2007). Nuestros resultados con los mapas individuales obtenidos sustentan la hipótesis que los factores abióticos son determinantes en la distribución individual de las especies de murciélagos a escalas regionales. No obstante, es importante considerar que otras variables como el tipo de hábitat, geología, cobertura de bosques y altitud podrían afectar fuertemente la diversidad de murciélagos (Patterson *et al.*, 1996). Estas variables no fueron consideradas por Zambrana-Torrelío (2007) y por lo tanto los resultados son referenciales a distribuciones potenciales basadas en nicho climático solamente.

La proporción de mapas individuales que no correspondieron a distribuciones coherentes (más de 50%) bajo el primer método (inductivo) y posteriormente elaborados manualmente bajo supervisión de expertos, confirma la hipótesis de que los modelos podrían cambiar notablemente su poder predictivo bajo presencia de datos compuestos por un escaso número de registros (especies raras), aunque las consecuencias de este tipo de restricciones aun permanecen desconocidas (Jiménez-Valverde *et al.*, 2008). Con estas consideraciones se sugiere que los modelos no son útiles al tratar con especies con un bajo número de registros sumada a la incertidumbre taxonómica.

La mayor riqueza potencial de murciélagos se encuentra en la vertiente oriental de los Andes, Yungas, Sudoeste de la Amazonía, y Cerrado con un rango altitudinal de 400 hasta 1400 msnm, con las concentraciones más altas por debajo de 1000 msnm. Estos resultados concuerdan con los patrones obtenidos por Aguirre *et al.* (2003) quienes reportaron la mayor riqueza de especies de murciélagos en las provincias biogeográficas del Acre Madre de Dios y del Cerrado (nomenclatura basada en Navarro y Ferreira, 2004, 2007) y de manera similar en el Pantanal, donde, en ambos casos se observa la confluencia de pocas especies - que en los últimos

años se ha adicionado debido al aumento de investigación en la zona (Vargas, 2007). La ausencia de especies o valores bajos de riqueza potencial de murciélagos fue observada en la ecorregión de Puna Sureña, también congruente con la baja riqueza reportada por Aguirre *et al.* (2003) en la provincia biogeográfica de la Puna peruana (Navarro y Ferreira, 2004, 2007).

La riqueza potencial de murciélagos de Bolivia fue consistente con los patrones de diversidad esperados para mamíferos neotropicales, en los que la mayor concentración de especies se encuentra en regiones húmedas, principalmente Yungas y bosques amazónicos (Schipper *et al.*, 2008). Estos patrones generales pueden ser explicados por la heterogeneidad del hábitat (Terborgh, 1977; Graham, 1983; Kalko y Handley, 2001), especialmente en áreas de altitudes intermedias de bosques montanos que resultan de una combinación de complejidad vertical y horizontal, en los que además las áreas agrícolas podrían jugar un rol muy importante en la diversidad de comunidades de murciélagos aumentando el número de especies que confluyen en estos sitios (Vargas *et al.*, 2008).

En Bolivia la mayor concentración de especies raras se encuentra situada en el pie de monte del Preandino, Bosques Amazónicos de Pando y serranías dispersas del Bosque Seco y Cerrado Chiquitano, concordando con las áreas de mayor riqueza. Algunas de las especies raras (p. ej. *Anoura cultrata*, *Micronycteris schmidtorum*) coinciden con la clasificación de rareza realizada a escala del neotrópico por Arita (1993). Sin embargo, el término rareza es dependiente de la escala de estudio, por lo que algunas especies de murciélagos que son consideradas raras en Bolivia no lo son a nivel del Neotropico (p. ej. *Lonchorhina aurita*, *Molossops mattogrossensis*). Por esta razón las estrategias de conservación deberían ser específicas a nivel de cada país. Adicionalmente en Bolivia, algunas de las especies raras se encuentran bajo alguna categoría de amenaza (p. ej. *Anoura cultrata*, *Lonchorhina aurita*, *Trinycteris nicefori*) requiriendo, acciones concretas para su conservación (Tarifa y Aguirre, 2009).

Individualmente, al menos 30% de todas las especies de murciélagos de Bolivia cuentan con distribuciones amplias en el país (principalmente Molossidae y Phyllostomidae), lo que demuestra que estas especies pueden utilizar diferentes hábitats o ecoregiones, e inclusive adaptarse a nuevas zonas y beneficiarse de ellas, una característica demostrada en el incremento de sus poblaciones en bosques perturbados (Wilson *et*

al., 1996; Medellín *et al.*, 2000). Existen otras especies que a pesar de encontrarse ampliamente distribuidas, tienen una abundancia baja, por lo que la pérdida de hábitat podría constituirse en una de las más importantes amenazas (p. ej. *Vampyrum spectrum* que utiliza como únicos refugios los huecos de árboles, Kunz y Lumsden, 2003; Barclay y Kurta, 2007).

Por primera vez se proponen áreas de importancia para la conservación de murciélagos de Bolivia, basados en criterios de los patrones distribución de riqueza de especies y distribución de especies amenazadas y raras. Una metodología similar fue utilizada para la definición de Áreas Importantes para la Conservación de Aves (IBA en inglés, Birdlife International y Conservation International, 2005), donde se propusieron sitios relevantes para la conservación de aves neotropicales. Coincidentemente los sitios de importancia ornitológica del Preandino, Yungas, Bosque Amazónico y Cerrado (Yungas superiores de Madidi, Mosetenes y Cocapata, Amboró y Carrasco; Yungas inferiores de Pílon Lajas, Isiboro Sécore, Amboró y Carrasco; Apolo, Cerrado de Riberalta y Noel Kempff Mercado, Soria y Hennessey, 2005) se superponen con AICOMs de prioridad *muy alta* y *alta* propuestas en este estudio.

La combinación de los tres criterios de riqueza de murciélagos (riqueza de especies, amenaza y rareza) combinado con el estado de conservación de ecosistemas terrestres de Bolivia (Ibisch *et al.*, 2007) separa las áreas de importancia en bloques con buen estado de conservación de áreas con perturbación moderada a crítica. En este sentido AICOMs con prioridad *muy alta* para la conservación se ubican predominantemente en tres bloques con diferente extensión en los bosques amazónicos de Pando, Preandino, Subandino y ligeramente en los bosques Amazónicos de Beni y Santa Cruz. Bloques con prioridad *alta* se encuentran dispersos en tierras bajas de Bolivia, excepto en los Llanos de Moxos.

En términos de conservación a nivel de especies, las áreas de distribución de alguna de ellas consideradas muy importantes, como el Murciélago de Espada (*Lonchorhina aurita*) o del murciélago orejas de embudo (*Natalus espirosantensis*) no concuerdan con los sitios de prioridad *muy alta*, ni con los de prioridad *alta* (excepto para el PN Noel Kempff Mercado), dado que estas singulares especies se distribuyen en áreas donde el patrón riqueza real y potencial es media a baja y en áreas relativa o fuertemente impactadas por ganadería

y vías de comunicación. Ambas especies, de hábitos exclusivamente cavernícolas, con pequeñas a extremadamente reducidas poblaciones distribuidas en serranías periféricas de la Chiquitanía requieren de acciones concretas a nivel local, un aspecto ya resaltado para Bolivia (Vargas *et al.*, 2009; Vargas y Rocha, 2009; Aguirre *et al.*, 2010b).

En general la representatividad de AICOMs de prioridad *muy alta* y *alta* al interior de áreas protegidas nacionales se muestra medianamente favorable a la conservación de murciélagos en nuestro país, aun con solo 23% de superficie de AICOMs con prioridad *muy alta* protegida por el sistema de APs, el 77% restante se encuentra en bloques que están en buen estado de conservación (norte de Bolivia) en los que es posible aplicar criterios de conservación locales (p. ej. departamental o municipal). Los sitios de prioridad *alta* presentan mejores perspectivas de conservación ya que más del 30% de su superficie se encuentra dentro de alguna de las áreas protegidas de Bolivia. Casos particulares constituyen las áreas protegidas ubicadas en el Corredor Amboró - Madidi que soportan presiones antrópicas a diferente escala, como la deforestación, quema para uso ganadero y colonización humana en general.

Finalmente es importante tomar en cuenta que la diversidad de murciélagos podría permanecer afectada por el sesgo metodológico. Es así que los grupos taxonómicos más capturados son los más numerosos (p. ej. Phyllostomidae), mientras que otros grupos relativamente comunes (p. ej. Vespertilionidae) podrían quedar subrepresentados (Simmons y Voss, 1998). Metodologías que incluyen registros de murciélagos evasivos (métodos acústicos) vienen perfeccionándose en nuestro país (Barboza *et al.*, 2006) y han adicionado nuevas especies (Aguirre *et al.*, 2009) contribuyendo así a un mejor conocimiento de la quiropterofauna boliviana.

Con toda la información georeferenciada de murciélagos de Bolivia propusimos Áreas de Importancia para la Conservación de Murciélagos basadas en criterios de riqueza de especies, especies amenazadas y raras. Los sitios cuya importancia se encuentra categorizada como *muy alta* y *alta* se encuentran situados al este y noreste de Bolivia en las ecorregiones de Yungas, Sudoeste de la Amazonía, Cerrado y Bosque Seco Chiquitano. La proporción de ambas áreas cubre aproximadamente 10% del territorio boliviano, cuyas superficies cuentan con menos de 50% al interior áreas protegidas nacionales.

Este análisis sirve como sustento para ampliar la investigación de la quiropterofauna y sobre todo para sustentar futuras acciones de planificación para la conservación de los valores de riqueza, amenaza y rareza en murciélagos que aun se encuentran distribuidos en áreas con buen estado de conservación de hábitats naturales en Bolivia. Bolivia cuenta hasta la fecha con 132 especies conocidas, de las cuales siete se hallan en peligro. La identificación de las AICOM's se vuelve en una herramienta clave para poder llevar adelante la propuesta de conservación planteada por el Plan de Acción para la Conservación de los Murciélagos de Bolivia (Aguirre *et al.*, 2010b) y por la Estrategia para la Conservación de los Murciélagos de Latinoamérica y el Caribe (RELCOM, 2009).

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue desarrollada en el marco del proyecto "Identificación de centros de riqueza, rareza y endemismo de especies para Bolivia" ejecutado por el Departamento de Ciencias (DCI) de la Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN-Bolivia), gracias al apoyo de la Real Embajada de los Países Bajos (RPB) y de la Fundación The John D. and Catherine T. MacArthur (Grant 08-91570-000-gss, Proyecto: "Linking socioeconomic and environments agenda to conserve the Moxos plains"). Agradecemos el apoyo de Whitley Fund for Nature (Proyecto: Threatened Bats as Flagship species for conservation of Endangered ecosystems in Bolivia) y la Dirección de Ciencias y Tecnología de la Universidad Mayor de San Simón (Proyecto: Uso de habitat de murciélagos insectívoros de una sabana neotropical). Los análisis sobre distribución potencial de especies fueron realizados por Dirk Embert, Marlene Quintanilla y Patricia Caballero. Daniel Larrea, Boris Ríos y Dirk Embert contribuyeron al contenido del documento. Los autores agradecen a las personas e instituciones que aportaron con información para la actualización de la base de datos: Rolando Toyama (Museo de Historia Natural Federico Villalobos - CIPA - Universidad Amazónica de Pando), Diego Peñaranda y José Carlos Pérez (Programa para la Conservación de Murciélagos de Bolivia); Kathia Rivero (Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado) y el Museo de Historia Natural Alcide d'Orbigny. Este artículo es una contribución de la Red Latinoamericana para la Conservación de los Murciélagos.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, L. & F. Aguanta. 2006. Lista preliminar de los mamíferos del bosque experimental Elías Menses, Santa Cruz, Bolivia. *Kempffiana*. 2:144-149.
- Acosta, L. & C. Venegas. 2006. Algunas consideraciones taxonómicas de *Histiotus laeophotis* e *H. macrotus* en Bolivia. *Kempffiana*. 2:109-115.
- Aguirre, L. F. 1999. Estado de Conservación de los Murciélagos de Bolivia. *Andira*. 1: 2-3.
- Aguirre, L. F. (ed.). 2007. Historia Natural, Distribución y Conservación de los Murciélagos de Bolivia. Editorial Centro de Ecología y Difusión Simón I. Patiño. Santa Cruz, Bolivia. Pp 400.
- Aguirre, L. F., X. Velez-Liendo, A. Muñoz & A. Selaya. 2003. Patrones de distribución y zoogeografía de los murciélagos de Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*. 14: 3-17.
- Aguirre, L. F., A. Vargas & S. Solari. 2009. Clave de campo para la identificación de los murciélagos de Bolivia. Centro de Estudios en Biología Teórica y Aplicada. Cochabamba, Bolivia. Pp 38.
- Aguirre, L. F., C.J Mamani, K. Barboza & H. Mantilla-Meluk, 2010a. Lista actualizada de los murciélagos de Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*. 27: 1-8.
- Aguirre, L. F., M. I. Moya, M. I. Galarza M., A. Vargas E., K. Barboza, D. A. Peñaranda, J. C. Pérez-Zubieta, M. F. Terán V. & T. Tarifa. 2010b. Plan de acción para la conservación de los murciélagos amenazados de Bolivia. MMAA VBCCGDF-DGB, BIOTA-PCMB, UICN-SSC-BSG, CBG-UMSS. Cochabamba, Bolivia. pp 90.
- Anderson, S. 1997. Mammals of Bolivia: Taxonomy and distribution *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 231: 1-652.
- Araújo, M. B. & P. H. Williams. 2000. Selecting areas for species persistence using occurrence data. *Biological Conservation*. 96: 331-345.
- Arita, H. 1993. Rarity in neotropical bats: correlations with phylogeny, diet, and body mass. *Ecological Applications*. 3: 506-517.
- Barboza, K., M. I. Galarza, L. F. Aguirre, & E. K. V. Kalko. 2006. Protocolo para la utilización del equipo acústico Pettersson para la detección de murciélagos. En: M. I. Galarza y L. F. Aguirre (eds.). Métodos estandarizados para el estudio de murciélagos en Bosques Montanos. BIOTA. Cochabamba, Bolivia. Pp. 23-44.
- Barclay, R. M. R. & A. Kurta. 2007. Ecology and behavior of bats roosting in tree cavities and under bark. *J. M. J. Lacki, J. P. Hayes, A. Kurta (eds.) Bats in*

- forests: conservation and management. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD. Pp. 17-59.
- Birdlife International & Conservation International. 2005. Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en los Andes Tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. Quito, Ecuador: Birdlife International (Serie de Conservación de Birdlife No. 14).
- Emmons, L., M. J. Swarner, A. Vargas, M. Tschapka, H. Azurduy & E. K. V. Kalko. 2006. The forest and savanna bat communities of Noel Kempff Mercado National Park (Bolivia). *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*. 19: 47-57.
- Fenton, M. B., L. Acharya, L. Audet, D. Hickey, M. B. Merriman, C. Obrist & M. Syme. 1992. Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicators of habitat disruption in the neotropics. *Biotropica*. 24: 440-446.
- Ferrier, S., G. Watson, J. Pearce & M. Drielsma. 2002. Extended statistical approaches to modelling spatial pattern in biodiversity in northeast New South Wales. I. Species - level modelling. *Biodiversity and Conservation*. 11: 2275-2307.
- GEOBOL (Servicio Geológico de Bolivia). 1978. Geología. Centro Digital de Recursos naturales de Bolivia. Información Geoespacial - Vector Nacional. (versión en línea: http://essm.tamu.edu/bolivia/info_geoespacial_vector_es.htm).
- GLCF – USGS. 2004. (1, 3, 30) Arc Second SRTM Elevation, Reprocessed to Geo TIFF. College Park, Maryland: The Global Land.
- Graham, G. L. 1983. Changes in bat species diversity along an elevational gradient up the Peruvian Andes. *Journal of Mammalogy*. 64:559-571.
- Guisan, A. & W. Thuiller. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*. 8: 993-1009.
- Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones & A. Jarvis, 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 25: 1965-1978.
- Ibisch, P. L. & G. Mérida (eds.) 2003. Biodiversidad: la riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. Editorial FAN. Santa Cruz-Bolivia. Pp 148-161.
- Ibisch, P.L., S. G. Beck, B. Gerkmann & A. Carretero. 2003. La diversidad biológica: ecorregiones y ecosistemas. En: P. L. Ibisch & Mérida, G. (eds.). Biodiversidad: La riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. Editorial FAN. Santa Cruz-Bolivia. Pp. 47-88.
- Ibisch, P. L., N. Araujo & C. Nowicki (Eds). 2007. Visión de Conservación de la Biodiversidad del Corredor Amboró - Madidi. FAN/WWF/TNC/CI. Editorial FAN. Santa Cruz de la Sierra - Bolivia. Pp. 414.
- IUCN, Conservation International, Arizona State University, Texas A. y M. University, University of Rome, University of Virginia, Zoological Society London. 2008. An Analysis of Mammals on the 2008 IUCN Red List. (Versión en línea: www.iucnredlist.org/mammals).
- Jiménez-Valverde A., J. M. Lobo & J. Hortal. 2008. Not as good as they seem: the importance of concepts in species distribution modelling. *Diversity and Distributions*. 14: 885-890.
- Josse, C., *et al.* 2007. Sistemas Ecológicos de la Cuenca Amazónica de Perú y Bolivia. Clasificación y mapeo. Naturereserve. Arlington, Virginia. Pp. 94.
- Kalko, E. K. V. & C. O. Handley. 2001. Neotropical bats in the canopy: diversity, community structure, and implications for conservation. *Plant Ecology*. 153: 319-333.
- Kunz, T. H. & L. F. Lumsden. 2003. Ecology of cavity and foliage roosting bats. En: Bat ecology T. H. Kunz y M. B. Fenton (eds.). University of Chicago Press. Chicago. Pp. 3-89.
- Loiselle, B. A. *et al.* 2003. Avoiding pitfalls of using species distribution models in conservation planning. *Conservation Biology*. 17: 1591-1600.
- Medellín, R. A., M. Equihua & M. Amin. 2000. Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in Neotropical rainforests. *Conservation Biology*. 14: 1666 1675.
- Mercado, N. & R. Wallace. 2010. Distribución de Primates en Bolivia y Áreas Prioritarias para su conservación. *Tropical Conservation Science*. 3: 200-217.
- Ministerio de Desarrollo Sostenible. 2004. Fisiografía. Centro Digital de Recursos naturales de Bolivia. Información Geoespacial-Vector Nacional. (Versión en línea: http://essm.tamu.edu/bolivia/info_geoespacial_vector_es.htm).
- Moya, M.I. 2010. Relación de los ataques de *Desmodus rotundus* con el manejo del ganado caprino y algunas características del hábitat, en seis comunidades de la Provincia nor Chichas del Departamento de Potosí-Bolivia. Tesis para optar al título en Master en ciencias. Universidad Mayor

- de San Andrés. Postgrado en Ecología y Conservación. Pp 65.
- Navarro, G. 2002. Vegetación y unidades biogeográficas. En: G. Navarro & M. Maldonado (eds). Geografía Ecológica de Bolivia. Vegetación y Ambientes Acuáticos. Centro Ecología Simón I. Patiño - Departamento de Difusión, Cochabamba. Pp. 1-500.
- Navarro, G. y W. Ferreira. 2004. Zonas de vegetación potencial de Bolivia: una base para el análisis de vacíos de información. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*. 15: 1-40.
- Navarro, G. & W. Ferreira. 2007. Leyenda explicativa de las unidades del mapa de vegetación de Bolivia a escala 1:250 000. Rumbol, Cochabamba. Pp. 65.
- Ochoa, J. 2000. Efectos de la extracción de maderas sobre la diversidad de mamíferos pequeños en bosques de tierras bajas de la Guayana Venezolana. *Biotropica*. 32: 146-164.
- Patterson, B.D., Pacheco, V. & Solari, S. 1996. Distributions of bats along an elevational gradient in the Andes of south-eastern Peru. *Journal of Zoology*. 240: 637-658.
- Phillips, S. J., R. Anderson & R. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. 190: 231-259.
- Phillips, S. J. & M. Dudík. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*. 31:161-175.
- Pressey, R.L., M. Cabeza, M. E. Watts, R. M. Cowling & K. A. Wilson. 2007. Conservation planning in a changing world. *Trends in Ecology and Evolution*. 22: 583-592.
- Rabinowitz, D., S. Cairns & T. Dillon. 1986. Seven forms of rarity and their frequency in the Flora of the British Isles. En: M. Soulé (ed.). *Conservation Biology: The Science of scarcity and diversity*. Sinau, Sunderland, Mass. Pp. 182-204.
- Red Latinoamericana para la Conservación de los Murciélagos. 2009. Estrategia para la conservación de los murciélagos de Latinoamérica y el Caribe. 16 pp. (Versión en línea: http://www.relcomlatinoamerica.net/assets/pdfs/novedades/estrategia_latinoamericana1.pdf)
- Rey Benayas, J. M. 2009. La rareza de las especies. *Investigación y Ciencia*. 392: 62-69.
- Schipper, J. *et al.* 2008. The Status of the World's Land and Marine Mammals: Diversity, Threat, and Knowledge. *Science*. 322: 225-230.
- Siles, L., D. Peñaranda, J.C. Perez-Zubieta & K. Barboza. 2005. Los murciélagos de la ciudad de Cochabamba. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*. 18:51-64.
- Siles, L. 2007. Noteworthy records of *Eptesicus chiriquinus* and *Eptesicus andinus* (Vespertilionidae) from Bolivia. *Bat Research News*. 48:31-33.
- Simmons, N. B. & R. S. Voss. 1998. The Mammals of Paracou, French Guiana: a neotropical lowland rainforest fauna. Part 1. Bats. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 237: 1-219.
- Simmons, N. B. 2005. Order Chiroptera. En: *Mammal Species of the World: a Taxonomic and Geographic Reference* (D. E. Wilson y D. M. Reeder, eds.) 3er ed. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland. Pp. 312-529.
- Soria, R. W. & B. Hennessey. 2005. Áreas Importantes para la Conservación de las aves en Bolivia. En: *Birdlife International & Conservation International. Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en los Andes Tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad*. Quito, Ecuador: Birdlife International (Serie de Conservación de Birdlife No. 14). Pp. 57-116.
- Tarifa, T. & L. F. Aguirre. 2009. Mamíferos. En: L. F. Aguirre, R. Aguayo, J. Balderrama, C. Cortéz, T. Tarifa y P. Van Damme. (eds.). *Libro Rojo de la fauna silvestre de vertebrados de Bolivia*. Ministerio de Desarrollo Rural, Agropecuario y Medio Ambiente, La Paz, Bolivia. Pp. 419-552.
- Terán, M. F. 2004. Estructura comparativa de ensamblajes de quiropteroфаuna en tres formaciones vegetales en la región de Alto Madidi (PN-ANMI Madidi). Tesis de Licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. Pp. 94.
- Terborgh, J. 1977. Bird species diversity on an Andean elevational gradient. *Ecology*. 58: 1007-1019.
- Vargas, A, M. I. Galarza & L. F. Aguirre. 2005. Guía de Murciélagos del Parque Nacional Carrasco. Ed. Conservación Internacional-Bolivia. Pp. 121.
- Vargas, A. 2007. Informe Final "Redescubriendo al Murciélago de Espada (*Lonchorhina aurita*, Phyllostomidae: Chiroptera) en Bolivia". Programa Iniciativa para Especies Amenazadas "Becas Werner Hanagarth" PUMA-CI. Pp. 27.
- Vargas, A. 2008. Murciélagos de la Reserva Departamental Valle de Tucavaca. Ed. FCBC. Pp. 54.
- Vargas, A., L. F. Aguirre, M. I. Galarza & E. Gareca. 2008. Ensamble de murciélagos en sitios con diferente grado de perturbación en un bosque

- montano del Parque Nacional Carrasco, Bolivia. *Mastozoología Neotropical*. 15: 297-308.
- Vargas, A. & J. A. Balderrama. 2009. Primer registro de *Artibeus (Koopmania) concolor* (Chiroptera: Stenodermatinae) para Bolivia. *Mastozoología Neotropical* 16:495-497.
- Vargas, A. & N. Rocha. 2009. *Natalus espiritosantensis*. En: L. F. Aguirre, R. Aguayo, J. Balderrama, C. Cortéz, T. Tarifa y P. Van Damme. (eds.). Libro Rojo de la fauna silvestre de vertebrados de Bolivia. Ministerio de Desarrollo Rural, Agropecuario y Medio Ambiente, La Paz, Bolivia. La Paz, Bolivia. Pp 513-514.
- Vargas, A., K. Barboza & L. F. Aguirre. 2009. *Lonchorhina aurita*. En: L. F. Aguirre, R. Aguayo, J. Balderrama, C. Cortéz, T. Tarifa y P. Van Damme. (eds.). Libro Rojo de la fauna silvestre de vertebrados de Bolivia. Ministerio de Desarrollo Rural, Agropecuario y Medio Ambiente, La Paz, Bolivia. La Paz, Bolivia. Pp. 467-468.
- Wilson, D. E. 1996. Neotropical bats: a checklist with conservation status. *En*: A. C. Gibbons (ed.). Mildred E. Mathias, Neotropical Biodiversity and Conservation. Botanical Garden, California. Pp: 167-177.
- Wilson, K. A., M. I. Westphal, H. P. Possingham & J. Elith. 2005. Sensitivity of conservation planning to different approaches to using predicted species distribution data. *Biological Conservation*. 122: 99-112.
- Zambrana-Torrel, C. M. 2007. Distribución Potencial de los Murciélagos de Bolivia. En: Aguirre, L. F. (ed.). Historia Natural, Distribución y Conservación de los Murciélagos de Bolivia. Editorial: Centro de Ecología y Difusión Simón I. Patiño. Santa Cruz, Bolivia. Pp. 152-154.

Anexo 1. Capas base utilizadas en el modelamiento potencial de especies de murciélagos de Bolivia.

Nº	Capas Base (formato GRID de 900 m)	Fuente
1	Temperatura anual promedio	WorldClim, Hijmans <i>et al.</i> , 2005
2	Rango diario promedio	WorldClim, Hijmans <i>et al.</i> , 2005
3	Isotermalidad	WorldClim, Hijmans <i>et al.</i> , 2005
4	Estacionalidad de temperatura	WorldClim, Hijmans <i>et al.</i> , 2005
5	Temperatura máxima del mes más caliente	WorldClim, Hijmans <i>et al.</i> , 2005
6	Temperatura mínima del mes más frío	WorldClim, Hijmans <i>et al.</i> , 2005
7	Temperatura promedio de los tres meses con la mayor precipitación	WorldClim, Hijmans <i>et al.</i> , 2005
8	Temperatura promedio de los tres meses con la menor precipitación	WorldClim, Hijmans <i>et al.</i> , 2005
9	Temperatura promedio de los tres meses con la temperatura más alta	WorldClim, Hijmans <i>et al.</i> , 2005
10	Temperatura promedio de los tres meses con la temperatura más fría	WorldClim, Hijmans <i>et al.</i> , 2005
11	Precipitación anual	WorldClim, Hijmans <i>et al.</i> , 2005
12	Precipitación del mes con la mayor cantidad de lluvia	WorldClim, Hijmans <i>et al.</i> , 2005
13	Precipitación del mes con la menor cantidad de lluvia	WorldClim, Hijmans <i>et al.</i> , 2005
14	Estacionalidad de la precipitación	WorldClim, Hijmans <i>et al.</i> , 2005
15	Precipitación de los tres meses con la mayor cantidad de lluvia	WorldClim, Hijmans <i>et al.</i> , 2005
16	Precipitación de los tres meses con la menor cantidad de lluvia	WorldClim, Hijmans <i>et al.</i> , 2005
17	Precipitación de los tres meses con la temperatura más alta	WorldClim, Hijmans <i>et al.</i> , 2005
18	Precipitación de los tres meses con la temperatura más fría	WorldClim, Hijmans <i>et al.</i> , 2005
19	Altitud	Modelo Digital de Elevación, GLCF-USGS, 2004
20	Complejos de Sistemas Ecológicos	Josse <i>et al.</i> , 2007
21	Ecorregiones de Bolivia	Ibisch <i>et al.</i> , 2003
22	Inundación	Ministerio de Desarrollo Sostenible, 2004
23	Ríos	Ministerio de Desarrollo Sostenible, 2004
24	Lagunas	Ministerio de Desarrollo Sostenible, 2004
25	Series de vegetación	Navarro y Ferreira, 2004
24	Geología	GEOBOL, 1978
25	Fisiografía	Ministerio de Desarrollo Sostenible, 2004

Anexo 2. Lista de especies de murciélagos de Bolivia con información relativa a su categoría de amenaza (Tarifa y Aguirre, 2009), asignación de rareza y método utilizado para el modelamiento de distribución potencial.

Familia/Subfamilia/Especie	Categoría de amenaza	Evaluación de rareza	Método de modelamiento
Emballonuridae			
<i>Cormura brevirostris</i>			Deductivo
<i>Diclidurus albus</i>			Deductivo
<i>Peropteryx kappleri</i>			Deductivo
<i>Peropteryx macrotis</i>			Deductivo
<i>Rhynchonycteris naso</i>			Deductivo
<i>Saccopteryx bilineata</i>			Inductivo
<i>Saccopteryx leptura</i>			Deductivo
<i>Saccopteryx canescens</i>		Rara	Deductivo
Noctilionidae			
<i>Noctilio albiventris</i>			Inductivo
<i>Noctilio leporinus</i>			Inductivo
Mormoopidae			
<i>Pteronotus gymnonotus</i>			Deductivo
<i>Pteronotus personatus</i>		Rara	Deductivo
<i>Pteronotus rubiginosus</i>			Inductivo
Phyllostomidae			
Phyllostominae			
<i>Chrotopterus auritus</i>			Deductivo
<i>Glyphonycteris behnii</i>		Rara	Deductivo
<i>Glyphonycteris daviesi</i>	Vulnerable		Deductivo
<i>Lampronnycteris brachyotis</i>			Deductivo
<i>Lonchorhina aurita</i>	En Peligro	Rara	Deductivo
<i>Lophostoma brasiliense</i>			Inductivo
<i>Lophostoma carrikeri</i>	Casi amenazada		Deductivo
<i>Lophostoma silvicolium</i>			Inductivo
<i>Macrophyllum macrophyllum</i>	Casi amenazada		Inductivo
<i>Micronycteris minuta</i>			Deductivo
<i>Micronycteris hirsuta</i>			Deductivo
<i>Micronycteris megalotis</i>			Inductivo
<i>Micronycteris microtis</i>			Deductivo
<i>Micronycteris schmidtorum</i>		Rara	Deductivo
<i>Micronycteris sanborni</i>		Rara	Deductivo
<i>Mimon crenulatum</i>			Inductivo
<i>Phylloderma stenops</i>			Deductivo
<i>Phyllostomus discolor</i>			Inductivo
<i>Phyllostomus elongatus</i>			Inductivo
<i>Phyllostomus hastatus</i>			Deductivo
<i>Tonatia saurophila</i>			Deductivo
<i>Trachops cirrhosus</i>			Inductivo
<i>Trinycteris nicefori</i>	Vulnerable	Rara	Inductivo
<i>Vampyrum spectrum</i>	Vulnerable		Deductivo
Glossophaginae			
<i>Anoura caudifer</i>			Inductivo
<i>Anoura cultrata</i>	Vulnerable	Rara	Deductivo
<i>Anoura geoffroyi</i>			Inductivo
<i>Choeroniscus minor</i>			Sin modelamiento
<i>Glossophaga soricina</i>			Deductivo
<i>Lichonycteris degener</i>			Deductivo
<i>Lionycteris spurrelli</i>			Deductivo

Cont. Anexo 2.

Familia/Subfamilia/Especie	Categoría de amenaza	Evaluación de rareza	Método de modelamiento
<i>Lonchophylla dekeyseri</i>		Rara	Deductivo
<i>Lonchophylla thomasi</i>			Inductivo
Carolliinae			
<i>Carollia benkeithi</i>			Inductivo
<i>Carollia brevicauda</i>			Deductivo
<i>Carollia manu</i>			Deductivo
<i>Carollia perspicillata</i>			Deductivo
<i>Rhinophylla pumilio</i>			Inductivo
Stenodermatinae			
<i>Artibeus anderseni</i>			Inductivo
<i>Artibeus glaucus</i>			Inductivo
<i>Artibeus lituratus</i>			Deductivo
<i>Artibeus obscurus</i>			Inductivo
<i>Artibeus planirostris</i>			Deductivo
<i>Artibeus concolor</i>			Deductivo
<i>Artibeus gnomus</i>			Deductivo
<i>Chiroderma salvini</i>			Inductivo
<i>Chiroderma trinitatum</i>			Deductivo
<i>Chiroderma villosum</i>			Inductivo
<i>Mesophylla macconnelli</i>			Inductivo
<i>Enchisthenes hartii</i>			Inductivo
<i>Platyrrhinus albericoi</i>	Vulnerable	Rara	Inductivo
<i>Platyrrhinus brachycephalus</i>			Sin modelamiento
<i>Platyrrhinus helleri</i>			Sin modelamiento
<i>Platyrrhinus infuscus</i>			Inductivo
<i>Platyrrhinus lineatus</i>			Sin modelamiento
<i>Platyrrhinus masu</i>			Sin modelamiento
<i>Platyrrhinus nigellus</i>		Rara	Sin modelamiento
<i>Pygoderma bilabiatum</i>			Deductivo
<i>Sphaeronycteris toxophyllum</i>			Inductivo
<i>Sturnira erythromos</i>			Inductivo
<i>Sturnira lilium</i>			Deductivo
<i>Sturnira magna</i>			Deductivo
<i>Sturnira oporaphilum</i>			Inductivo
<i>Sturnira sorianoi</i>		Rara	Sin modelamiento
<i>Sturnira tildae</i>			Deductivo
<i>Uroderma bilobatum</i>			Deductivo
<i>Uroderma magnirostrum</i>			Inductivo
<i>Vampyressa bidens</i>			Inductivo
<i>Vampyressa thyone</i>			Sin modelamiento
<i>Vampyrodes caraccioli</i>			Deductivo
Desmodontinae			
<i>Desmodus rotundus</i>			Deductivo
<i>Diaemus youngii</i>			Deductivo
<i>Diphylla ecaudata</i>	Casi amenazada		Inductivo
Natalidae			
<i>Natalus espiritosantensis</i>	Vulnerable		Deductivo
Thyropteridae			
<i>Thyroptera discifera</i>			Deductivo
<i>Thyroptera tricolor</i>			Inductivo

Cont. Anexo 2.

Familia/Subfamilia/Especie	Categoría de amenaza	Evaluación de rareza	Método de modelamiento
Vespertilionidae			
<i>Eptesicus andinus</i>		Rara	Sin modelamiento
<i>Eptesicus chiriquinus</i>		Rara	Sin modelamiento
<i>Eptesicus furinalis</i>			Sin modelamiento
<i>Histiotus laephotis</i>			Deductivo
<i>Histiotus montanus</i>			Inductivo
<i>Histiotus velatus</i>			Inductivo
<i>Lasiurus blossevillii</i>			Deductivo
<i>Lasiurus cinereus</i>			Inductivo
<i>Lasiurus ega</i>			Inductivo
<i>Myotis albescens</i>			Inductivo
<i>Myotis dinellii</i>	Casi amenazada	Rara	Deductivo
<i>Myotis keaysi</i>			Inductivo
<i>Myotis nigricans</i>			Sin modelamiento
<i>Myotis oxyotus</i>			Inductivo
<i>Myotis riparius</i>			Deductivo
<i>Myotis simus</i>	Casi amenazada		Deductivo
<i>Rhogeessa io</i>			Deductivo
Molossidae			
<i>Cynomops abrasus</i>			Deductivo
<i>Cynomops planirostris</i>			Deductivo
<i>Eumops auripendulus</i>			Deductivo
<i>Eumops glaucinus</i>			Inductivo
<i>Eumops hansae</i>			Deductivo
<i>Eumops patagonicus</i>			Inductivo
<i>Eumops perotis</i>			Deductivo
<i>Eumops trumbulli</i>			Deductivo
<i>Molossops mattogrossensis</i>		Rara	Deductivo
<i>Molossops temminckii</i>			Deductivo
<i>Molossus currentium</i>			Deductivo
<i>Molossus molossus</i>			Deductivo
<i>Molossus rufus</i>			Deductivo
<i>Nyctinomops ausispinosus</i>			Deductivo
<i>Nyctinomops laticaudatus</i>			Deductivo
<i>Nyctinomops macrotis</i>			Inductivo
<i>Promops centralis</i>			Deductivo
<i>Promops nasutus</i>			Inductivo
<i>Tadarida brasiliensis</i>			Inductivo