



RIQUEZA POTENCIAL DE MURCIÉLAGOS EN EL SUR DE LAS YUNGAS: APORTES PARA LA CONSERVACIÓN DE ESPECIES

M. Cecilia Castilla^{1,2}, G. A. Erica Cuyckens³, Verónica Zucarelli¹
y M. Mónica Díaz^{2,4}

¹Centro de Investigaciones y Transferencia de Catamarca (CITCA). CONICET-UNCA.

[Correspondencia: M. Cecilia Castilla <mceiliacastilla@gmail.com>]

²Programa de Conservación de los Murciélagos de Argentina (PCMA), San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina

³Centro de Estudios Territoriales Ambientales y Sociales (CETAS) e Instituto de Ecorregiones Andinas (INECOA), Universidad Nacional de Jujuy - CONICET, Facultad de Ciencias Agrarias. San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina.

⁴CONICET, Programa de Investigaciones de Biodiversidad Argentina (PIDBA), Facultad de Ciencias Naturales e IML, UNT y Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

RESUMEN. Dentro de las Yungas en Argentina, la porción austral presenta ecotonos con eco-regiones más áridas como el Chaco, la Puna y el Monte de Sierras y Bolsones. Posee alta diversidad de murciélagos, pero la riqueza disminuye drásticamente encima de los 23°S a 24°S. Este trabajo deriva de un estudio acerca de una colonia de *Tadarida brasiliensis* ubicada en el Dique Escaba (Tucumán), reconocida como Sitio de Importancia para la Conservación de los Murciélagos (SICOM). El objetivo fue evaluar, desde los factores bioclimáticos, la distribución y riqueza de especies de murciélagos en la porción austral de las Yungas, para contextualizar la importancia de ensamblajes locales y la utilización de la riqueza potencial como insumo para la designación de Áreas de Importancia para la Conservación de los Murciélagos (AICOMs). A partir de registros de presencia se estimaron distribuciones potenciales mediante el software MaxEnt, para lo que se seleccionaron previamente las variables mediante un Análisis de Componentes Principales (pendiente, rango anual de la temperatura y temperatura media del trimestre más frío). El mapa de riqueza de especies se obtuvo sumando los modelos con un buen rendimiento y puntos de presencia de especies no modeladas. Se registraron 27 especies de murciélagos predominantemente insectívoras. La riqueza potencial de especies aumentó asociada a la distribución las Yungas, los cordones montañosos y los ecotonos con las zonas áridas. Los modelos de distribución son buenas herramientas para identificar AICOMs en función de su riqueza potencial, como los alrededores del Dique de Escaba (Tucumán)-Cuesta la Higuierilla (Catamarca) y la cuesta del Totoral y Dique Sumampa (Catamarca), donde se han realizado relevamientos de murciélagos y por eso se han declarado como tales.

ABSTRACT. Bat potential species richness in the southern Yungas: contribution to the conservation of species. In Argentina, the Yungas austral portion presents ecotones with arid eco-regions such as Chaco, Puna, and Monte de Mountains and Isolated Valley. It has a high diversity of bats, but the richness decreases drastically above 23°S and 24°S. This research derives from a study on a colony of *Tadarida brasiliensis* located in the Escaba Dam (Tucumán), and recognized as an Important Site for Bat Conservation (SICOM in Spanish). The objective was to assess, from bioclimatic factors, the distribution and richness of bat species in the southern portion of the Yungas, to contextualize the importance of local assemblages, and the use of potential richness as an input for the designation of Important Areas for Bat Conservation (AICOMs in Spanish). From the presence records, potential distributions were estimated using the MaxEnt software, for which the variables were previously selected through a Principal Component Analysis (slope, annual temperature range, and average temperature of the coldest quarter). The species richness map was obtained by adding the significant

models and points of presence of non-modeled species. 27 species of bats predominantly insectivorous were recorded. Potential species richness increased within the Yungas, across mountain ranges and at the ecotones with arid zones. Distribution models are appropriate tools to detect AICOMs based on their potential richness, such as the surroundings of the Escaba Dam (Tucumán) - Cuesta Higuierilla (Catamarca), and the Totoral slope and Sumampa Dam (Catamarca), where bat surveys have been performed and thereafter, they have been declared as such.

Palabras clave: AICOMs, maxent, modelos de distribución de especies, murciélagos, Yungas.

Key words: AICOMs, bats, maxent, species distribution models, Yungas.

INTRODUCCIÓN

La eco-región de las Yungas alcanza el norte de Argentina desde Venezuela, entre los 22° y 29° de latitud sur (Brown et al. 2002). Los ecotonos con las zonas áridas, en el límite sur de las Yungas, se denominan “Yungas de transición” y constituyen la porción más afectada por el avance de la frontera agrícola y las actividades de subsistencia de las poblaciones humanas aledañas (Bertonatti & Corcuera 2000; Brown et al. 2002). Las Yungas concentran la mayor cantidad de áreas naturales protegidas (ANP) en la provincia de Tucumán, aunque solo una coincide con los “hotspot” (zonas calientes) de conservación de mamíferos de la provincia (Tabeni et al. 2004). Además, en la provincia de Catamarca, donde se distribuye la porción más austral de las Yungas, no existe ningún ANP legalmente reconocida. De esta manera, la falta de protección efectiva y la alta presión recibida por las actividades antrópicas hacen de la porción austral de las Yungas un área vulnerable desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad.

La eco-región de las Yungas es un área de alta diversidad de mamíferos en Argentina, teniendo en cuenta la riqueza total de especies de mamíferos y el número de especies endémicas (Ojeda et al. 2003). Se registran 32 especies exclusivas de mamíferos en las Yungas de Argentina, de las cuales tres (*Miconycteris microtis*, *Anoura caudifer* y *Sturnira oporaphilum*) son quirópteros (Barquez et al. 2006). Sin embargo, las poblaciones animales disminuyen en densidad ya que es el borde del rango de distribución de esta eco-región (Hengeveld & Haeck 1982; Brown 1984), haciendo a estas poblaciones más vulnerables a las extinciones locales (Ceballos & Ehrlich 2002). Otros factores que explican la distribución de especies de mamíferos y los patrones de riqueza en la porción austral de las Yungas son la fragmentación antrópica y la discontinuidad natural de sus bosques, la disminución de la composición y estructura de la vegetación, y el aumento en la estacionalidad

climática e interacciones biológicas y ecológicas (Ojeda & Mares 1989; Barquez & Díaz 2001; Ojeda et al. 2008).

Debido a la estrecha distribución de las Yungas en sentido norte-sur, la riqueza declina en el gradiente latitudinal (Hillebrand 2004). En los ensambles de murciélagos estudiados en la porción más austral de las Yungas, la tasa de disminución es mayor que en otros grupos taxonómicos, ya que la riqueza disminuye en un 50 % por arriba de los 23° o 24° de latitud sur (Barquez & Díaz 2001; Ojeda et al. 2008). La familia Phyllostomidae presenta la disminución más marcada en torno al gradiente de latitud, Noctilionidae se mantiene constante y las familias Vespertilionidae y Molossidae muestran un recambio de especies, manteniendo su riqueza y dominando (en cuanto al número de especies) los ensambles de murciélagos (Barquez & Díaz 2001). Estudios precedentes indican que las Yungas es la tercera eco-región más diversa para los murciélagos en Argentina, ya que contiene 66 % de las 66 especies registradas en el país (Barquez & Díaz 2001; Díaz et al. 2016; Urquiza et al. 2017).

El presente trabajo se deriva de un estudio de una colonia de murciélagos de *Tadarida brasiliensis* ubicada en el Dique de Escaba (Tucumán, Argentina). Particularmente, en la zona de Escaba, ubicada a los 27° de latitud sur en la provincia de Tucumán, se conocían cuatro especies de murciélagos (*Chrotopterus auritus*, *Myotis dinellii*, *Promops nasutus* y *Tadarida brasiliensis*) (Barquez et al. 1999). Sin embargo, en un estudio reciente realizado por Gamboa Alurralde et al. (2017), se sumaron 10 especies a la quiroptero-fauna de la zona.

Según Gamboa Alurralde et al. (2017), la riqueza de especies registrada en el área de estudio es alta en comparación con otros estudios en los bosques de Yungas próximos (Barquez & Díaz 2001; Sandoval et al. 2010a; Sandoval et al. 2010b; Barquez et al. 2011). En general, las especies registradas han sido asociadas a las eco-regiones de Yungas y

Chaco Seco; pero algunas, como *Myotis keaysi* se asocian específicamente a las Yungas, y otras como *Promops nasutus* a la eco-región de Chaco (Gamboa Alurralde et al. 2017). Cabe destacar la presencia de especies raras como *Eptesicus diminutus*, *Histiotus laeophotis*, *H. macrotus* y *Myotis keaysi* (Gamboa Alurralde et al. 2017). Una especie particularmente rara, *Chrotopterus auritus*, fue capturada próxima a la colonia de *Tadarida brasiliensis*, siendo posible que se alimente de forma oportunista cuando los murciélagos salen de su refugio (Barquez & Díaz 2001).

Sitios y Áreas de Importancia para la Conservación de los Murciélagos (SICOMs y AICOMs)

Los SICOM protegen, en general, refugios, mientras que los AICOM refieren a áreas más extensas que benefician incluso otros taxones. Estas designaciones son otorgadas por la Red Latinoamericana y del Caribe para la Conservación de los Murciélagos (RELCOM) (Aguirre & Barquez 2013; Aguirre et al. 2014). A pesar de ser designaciones no vinculantes desde lo legal, las declaraciones de SICOM y AICOM han demostrado ser acciones de conservación eficientes (Nassar 2017).

En Argentina, existen cinco SICOMs, tres de los cuales son colonias de *Tadarida brasiliensis*, incluyendo la alojada en el Dique Escaba, reconocida como tal en 2013; y 15 AICOMs, de las cuales siete se encuentran dentro de la eco-región de Yungas: Parque Provincial Potrero de Yala (Jujuy), Reserva de Flora y Fauna Acambuco-Piquirenda (Salta), Las Capillas (Jujuy), Parque Provincial Las Lancitas (Jujuy), Parque Nacional El Rey (Salta), Escaba y área de influencia (Tucumán, Catamarca) y El Portal de Pakilingasta (Catamarca). Estas dos últimas, declaradas a partir de los estudios aquí presentados.

La zona de Escaba y área de influencia (Castilla & Gamboa Alurralde 2019) es el primer AICOM para la provincia de Tucumán, y su protección efectiva requiere la generación de información a escala local al igual que el AICOM Pakilingasta (Castilla & Gamboa Alurralde 2019). La toma de decisiones sobre el manejo u ordenamiento de los territorios se llevan a cabo a escalas locales, delimitadas por cuestiones político-administrativas (Brown et al. 2002), particularmente en Escaba, ubicada entre dos provincias. Sin embargo, los análisis de riqueza de especies y de zonas importantes para la conservación, por lo general, se realizan en escalas espaciales extensas, por ejemplo, regional (Ojeda et al. 2003; 2008). Los modelos de distribución potencial han demostrado

ser un insumo estratégico a la hora de contextualizar y priorizar áreas estratégicas para la conservación de murciélagos (Vargas et al. 2010; Castilla et al. 2013). El programa MaxEnt permite generar estimaciones de la distribución de especies, utilizando sólo registros de presencia, incluso si los puntos de presencia son escasos (Phillips et al. 2006).

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar, desde los factores abióticos (bioclimáticos) la distribución y riqueza de especies de murciélagos en la porción austral de las Yungas, lo que permitirá contextualizar la relevancia de ensamblajes locales para la conservación de los murciélagos en la porción austral de las Yungas y la utilización de la riqueza potencial como insumo para la designación de AICOM.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La eco-región de las Yungas, en Argentina, se distribuye en el noroeste de Argentina en las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán y Catamarca. El clima es cálido y húmedo, las lluvias se concentran en la época estival y oscilan entre 900 y 1 300 mm anuales (Burkart et al. 1999). Es una franja de bosque húmedo subtropical muy delgado (este-oeste 100 km) que recorre en sentido norte-sur el norte argentino por 700 km (Burkart et al. 1999). Se distribuye desde los 400 a los 3 000 msnm, sobre diferentes cordones montañosos paralelos a la cordillera de los Andes, estas características orográficas hacen que su distribución sea discontinua contactándose con eco-regiones más áridas como el Chaco, la Puna y el Monte de Sierras y Bolsones (Burkart et al. 1999).

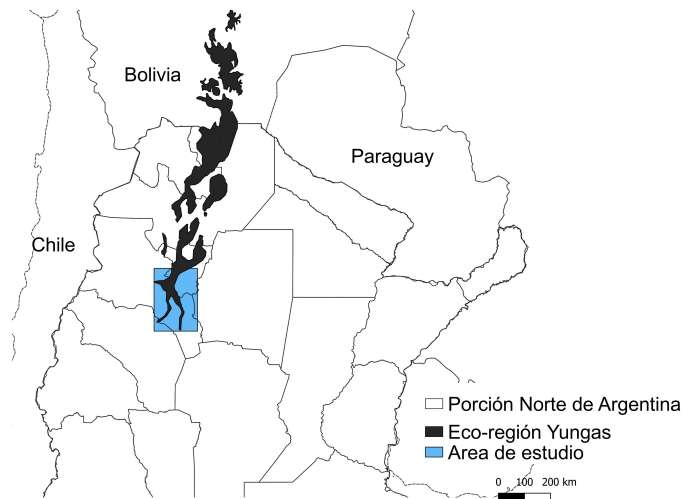
La estructura montañosa genera un gradiente altitudinal muy marcado que condiciona los factores climáticos, generando pisos altitudinales de vegetación: 1. Selva Pedemontana, 400 a 900 m; 2. Selva Montana, 900 a 1600 m; 3. Bosque Montano, 1600 a 2300 m; 4. Pastizal de Altura, 2300 a 3000 m (Burkart et al. 1999). Debido a las características orográficas, su distribución latitudinal es discontinua, generando masas boscosas que pueden ser divididas en: sector Norte, Centro y Sur (Brown et al. 2002). El límite sur ha sido discutido por numerosos autores y el criterio elegido es aquel que abarca todos los elementos de las Yungas (Brown 1995). Estos elementos son especies arbóreas y conformaciones vegetales presentes en áreas donde la composición y estructura de la vegetación responde a otras eco-regiones (Brown et al. 2002).

En este estudio, como punto de referencia se tuvo en cuenta el grillado realizado en el trabajo de Ojeda et al. (2003), donde se determinan los hotspot para la conservación de mamíferos del Neotrópico templado. El presente trabajo se concentra en la porción sur de las Yungas (provincias de Tucumán y Catamarca), en su extremo más austral, entre los 27° y 29° S (Fig. 1).

Modelos de distribución potencial

Para elaborar modelos de distribución potencial de aquellas especies que cuentan con 10 ó más registros se utilizaron puntos de presencia de murciélagos dentro del área de

Fig. 1. Distribución de las Yungas en Argentina y delimitación del área de modelado (porción austral de las Yungas).



estudio. Los registros fueron obtenidos de una base de datos elaborada por una de las autoras (MM Díaz) que incluye especímenes depositados en museos, colecciones personales y publicaciones (Barquez et al. 1999; Barquez & Díaz 2001; Sandoval et al. 2010a; Sandoval et al. 2010b; Barquez et al. 2011; Gamboa Alurralde et al. 2016; 2017). Dicha base de datos ha sido cotejada cuidadosamente durante varios años por la autora atendiendo las coordenadas geográficas, modificaciones taxonómicas y re-identificaciones de especies. Para este trabajo seguimos la clasificación taxonómica sugerida en la clave de murciélagos de Sudamérica (Díaz et al. 2016), excepto en el uso de *Lasiurus villosissimus* donde se sigue a Baird et al. (2015) y Novaes et al. (2018).

Las estimaciones de las distribuciones potenciales fueron realizadas mediante modelos de nicho ecológico con el software MaxEnt v 3.3, el cual utiliza el principio de máxima entropía. Debido a que los registros utilizados son casuales o resultado de proyectos específicos y el esfuerzo de muestreo no es uniforme en toda el área de estudio se utilizó una capa de conglomerado. Al incorporar al modelado esta capa de sesgo (bias) se evita la influencia de la densidad de registros (Kramer Schadt et al. 2013).

Para seleccionar las variables a ser utilizadas se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA, según sus siglas en inglés), utilizando el total de registros de las 27 especies registradas y todas las celdas del área de estudio. En el PCA se cotejaron las 19 variables bioclimáticas de la base de datos WorldClim (Hijmans et al. 2005) y tres variables topográficas: altitud, pendiente y escabrosidad o heterogeneidad de la pendiente. Las variables pendiente y escabrosidad se obtuvieron mediante un software de GIS desde la capa de altitud, obtenida de la base de datos WorldClim. La resolución espacial fue de 30 segundos ($\sim 1 \text{ km}^2$) y todas las capas fueron recortadas siguiendo los puntos de corte del área de estudio.

Se utilizó el protocolo de modelado detallado en Torres & Jayat (2010). Se realizaron 100 modelos (corridas) para cada especie, en cada corrida se apartó aleatoriamente el 70% de los registros para entrenamiento y el 30% para validación. De estas 100 corridas, se seleccionaron los 10 modelos con

mejor bondad de ajuste para luego ser promediados. Los modelos fueron seleccionados según los valores más altos del Área Bajo la Curva (AUC, según sus siglas en inglés) de la Característica Operada por el Receptor (ROC, según sus siglas en inglés). El AUC representa una medida simple de la precisión del modelo sin tener que aplicar un umbral de corte (Fielding & Bell 2002). De esta manera se minimizaron los errores “de comisión” (es decir, la predicción de presencia de una especie en lugares en los que no se encuentra) y “de omisión” (la predicción de ausencia de una especie en sitios donde ha sido registrada) (Anderson et al. 2002). La exactitud máxima corresponde a un valor de AUC de 1 y un valor de 0.5 es considerado no mejor que el azar, por lo que aquellos modelos con un AUC < 0.6 no poseen un buen ajuste, por lo que fueron desestimados (Lobo et al. 2008).

Mapas de riqueza potencial

Para la obtención del mapa de riqueza potencial, se utilizaron los modelos de distribución potenciales significativos y las capas de puntos de presencia de las especies no modeladas. Para superponer mapas individuales es necesario que estos tengan carácter binario (presencia/ausencia). En el caso de las especies modeladas se seleccionó un umbral de corte (la probabilidad mínima a la cual la presencia de la especie se considera esperable) (Liu et al. 2013). Se seleccionó umbral logístico de la presencia del entrenamiento del percentil 10 %, proporcionado por el programa MaxEnt para este fin. Este umbral permite la determinación del hábitat crítico para la especie y es el más ampliamente utilizado como insumo para la conservación (Bellamy et al. 2013). En el caso de las especies que no fueron modeladas, mediante un software de GIS, se obtuvieron rasters binarios, donde los píxeles con presencia adquieren de valor 1, y aquellos donde no se ha registrado la especie tienen de valor 0. Los mapas binarios de especies modeladas y no modeladas fueron superpuestos para obtener el mapa final de riqueza.

RESULTADOS

En el área de modelado se registran 27 especies de murciélagos, con un total de 256 registros (**Tabla S1**), seis Phyllostomidae, 16 Vespertilionidae y cinco Molossidae. Cada especie varía entre dos y 34 localidades de presencia. Las especies con mayor número de registros (34) fueron *Myotis dinellii* y *Tadarida brasiliensis*. *Desmodus rotundus*, *Lasiurus villosissimus*, *Sturnira lilium*, *Eptesicus furinalis*, *Histiotus laephotis*, *Histiotus macrotus*, *Lasiurus blossevillii* y *Sturnira erythromos* obtuvieron entre 11 y 20 registros, y las restantes 19 especies fueron citadas como máximo siete veces. Todas las especies están presentes en la provincia de Tucumán, mientras que sólo 17 especies presentan registros en Catamarca. En cuanto a su estado de conservación dos especies son consideradas Vulnerables (*Sturnira oporaphilum* y *Myotis keaysi*), y 25 con Preocupación Menor (SEAyDS & SAREM 2019).

Modelos de distribución potencial

En el Análisis de Componentes Principales se puede observar que los siete primeros componentes explican un 99% de la variación total de los registros reunidos. Sin embargo, sólo los tres primeros componentes mostraron correlación con alguna variable que supere 0.7, es decir que explique el 50% de la variación ($R^2=0.50$); y explican casi un 89.14% de la variación total del modelo, siendo las variables seleccionadas para realizar los modelos de distribución potencial: pendiente, rango anual de la temperatura, y temperatura media del trimestre más frío (**Tabla 1**).

El modelo de la especie *Tadarida brasiliensis*, a pesar de contar con más de 10 registros, fue desestimado ya que su AUC fue menor al deseado (**Fig. 2**). En líneas generales las especies modeladas tienen una amplia distribución potencial dentro del área de estudio; sin embargo, cuatro de ellas: *Histiotus laephotis*, *Histiotus macrotus*, *Lasiurus villosissimus* y *Sturnira erythromos* poseen una probabilidad de presencia mayor en zonas montañosas, que en el área de estudio se asocia a la distribución de la eco-región de las Yungas (**Figs. 3 y 4**). *Lasiurus villosissimus* no posee registros en la zona de Escaba, pero la distribución potencial indica que podría estar presente (**Fig. 4**).

Mapa de riqueza potencial

Los umbrales logísticos de la presencia del entrenamiento del percentil 10, usados para la construcción de los mapas binarios de las especies modeladas varían entre 0,43 y 0,54 (**Tabla 2**). La riqueza de especies aumenta coincidentemente con la distribución

de la eco-región de las Yungas y la presencia los cordones montañosos; y en los ecotonos con las zonas áridas (“Yungas de transición”) (**Fig. 5**). Los sitios con máxima riqueza registran más de siete especies, mientras que ningún píxel del mapa obtuvo una riqueza igual a 0. La disminución más drástica se observa en el margen noreste del mapa de riqueza, que corresponde a la porción centro-este del sur de la provincia de Tucumán, donde se encuentra un área productiva y urbana de la provincia de Tucumán. La zona circundante al Dique Escaba coincide con el área de mayor riqueza, conformada por 16 especies y es la máxima registrada para toda el área de modelado, de la misma manera que la zona de la cuesta del Totoral. En la **Fig. 5** podemos observar los AICOM declarados, los cuales se fundamentan en la riqueza de especies de murciélagos y cuyos límites territoriales se basan en las alturas máximas locales o divisorias de aguas (Castilla & Gamboa Aluralde 2019; Castilla et al. 2019).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Modelos de distribución potencial

Las variables obtenidas como significativas para modelar la riqueza potencial de murciélagos de la porción austral de las Yungas han sido similares a las encontradas en otro trabajo que abarca la provincia de Córdoba (Castilla et al. 2013). Numerosos trabajos de modelos de distribución potencial de murciélagos no aplican una selección previa de variables (Vargas et al. 2010; Burneo & Tirira 2014). La construcción de modelos utilizando todas las variables bio-climáticas asume que el clima explica la mayor parte del nicho fundamental de cada especie (Beaumont et al. 2007). La selección de variables a priori, simplifica el modelo y revela las variables que influyen la construcción del ensamble, que en este caso están asociadas a la presencia de los cordones montañosos y el aumento en la estacionalidad climática y periodos de bajas temperaturas.

Otras variables que podrían ser exploradas y que son en general menos estudiadas, pero no por eso menos importantes, son las variables antropogénicas como: turismo irresponsable, avance de la frontera agrícola, expansión de zonas urbanas, destrucción de refugios (Díaz et al. 2006). Se ha observado que los murciélagos pueden ser desplazados a sitios de pocos recursos alimenticios para evitar zonas de presión antrópica (Cousins & Compton 2005). Desde el punto de vista de los AICOMs y SICOMs, una variable sumamente importante para completar el estudio sería el estado de conservación de la vegetación.

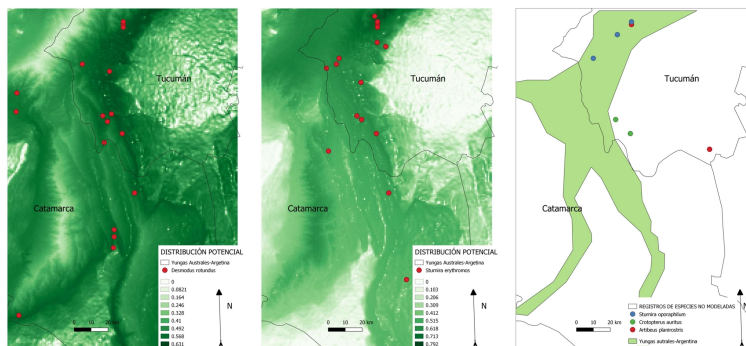


Fig. 2. Familia Phyllostomidae. Modelos de distribución potencial (AUC >0.6) y registros de especies no modeladas.

Familia Vespertilionidae

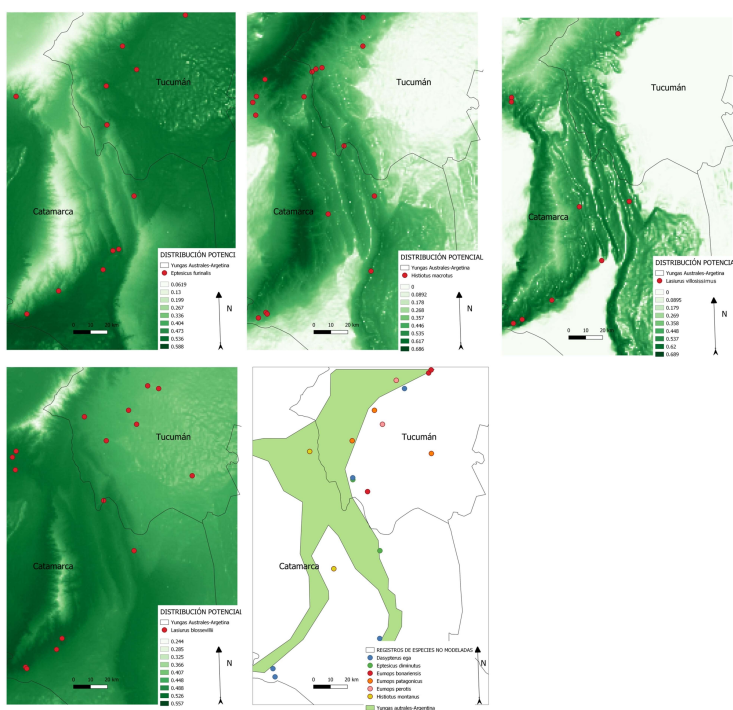


Fig. 3. Familia Vespertilionidae. Modelos de distribución potencial (AUC >0.6) y registros de especies no modeladas.

Tadarida brasiliensis obtuvo un AUC bajo, por lo que este modelo fue desestimado. Esto pudo deberse a que es una especie de amplia distribución, migratoria y que se adapta a múltiples hábitats, incluidas las áreas urbanas (Armstrong 2008). *Eptesicus furinalis* y *Lasiurus blossevillii* obtuvieron un AUC significativo, pero bajo, mientras que el resto de los modelos potenciales de distribución fueron más robustos y de

buen desempeño. Cuatro de las especies modeladas: *Histiotus macrotus*, *H. laeophotis*, *Sturnira erythromus* y *Lasiurus villosissimus* muestran una asociación con la distribución de las Yungas que, a su vez, coincide con los cordones montañosos. Dicha asociación ha sido observada por Castilla et al. (2013). En el ensamble de murciélagos del área de estudio predominan especies insectívoras con distribución

Tabla 1

Variables ambientales y topográficas que explican la distribución de los 256 registros obtenidos, para las 27 especies registradas. Sumatoria del porcentaje de variación de las variables seleccionadas para los componentes C1, C2 y C3=89.13%. Se presentan los 3 primeros componentes principales que explican la variación.* Variables seleccionadas.

	COMPONENTES		
	C 1	C 2	C 3
Alt.	0.920	-0.362	-0.007
Esc.	0.681	-0.299	0.022
IDM	0.306	0.687	-0.004
O	0.156	0.094	0.942
PA	-0.822	-0.551	0.027
PMMH	-0.813	-0.507	0.03
PMMS	-0.711	-0.554	0.032
PTMC	-0.792	-0.529	0.027
PTMF	-0.705	-0.592	0.032
PTMH	-0.801	-0.533	0.03
PTMS	-0.718	-0.578	0.031
EP	0.834	0.357	-0.012
RAT	-0.187	0.929*	-0.008
TMTC	-0.827	0.556	0.008
TMTF	-0.953*	0.32	0.012
TMTH	-0.814	0.563	0.005
TMST	-0.933	0.259	0.019
ET	-0.244	0.911	-0.002
TMMC	-0.786	0.614	0.006
TMA	-0.881	0.462	0.010
TMMF	-0.935	0.189	0.014
P	0.085	0.021	0.956*
% VAR.	53.358	27.551	8.228

Altitud (Alt.), Escabrosidad (Esc.), Intervalo Diurno Medio (IDM), Orientación (O), Precipitación Anual (PA), Precipitación del Mes más Húmedo (PMMH), Precipitación del Mes más Seco (PMMS), Precipitación del Trimestre más Cálido (PTMC), Precipitación del Trimestre más Frio (PTMF), Precipitación del Trimestre más Húmedo (PTMH), Precipitación del Trimestre más Seco (PTMS), Estacionalidad de la Precipitación (EP), Rango Anual de la Temperatura (RAT), Temperatura Media del Trimestre más Cálido (TMTC), Temperatura Media del Trimestre más Frio (TMTF), Temperatura Media del Trimestre más Húmedo (TMTH), Temperatura Media del Trimestre más Seco (TMST), Estacionalidad de la Temperatura (ET), Temperatura Máxima del Mes más Cálido (TMMC), Temperatura Media Anual (TMA), Temperatura Mínima del Mes más Frio (TMMF), Pendiente (P).

potencial uniforme para toda el área de modelado. De las tres especies frugívoras registradas (*Sturnira erythromos*, *S. lilium* y *S. ophophilum*) dos pudieron ser modeladas (*S. erythromos* y *S. lilium*) y la tercera contaba con solo tres puntos de presencia. Muestran una distribución potencial amplia dentro del área de estudio, principalmente *S. lilium*. Los registros de las

Tabla 2

Bondad de ajuste de los modelos de distribución potencial para cada especie.

Especies	AUC	Umbral
<i>Desmodus rotundus</i>	0.94	0.54
<i>Eptesicus furinalis</i>	0.62	0.46
<i>Histiotus laeophotis</i>	0.85	0.49
<i>Histiotus macrotus</i>	0.78	0.43
<i>Lasiurus blossevillii</i>	0.63	0.44
<i>Lasiurus villosissimus</i> *	0.84	0.50
<i>Myotis dinellii</i>	0.94	0.47
<i>Sturnira erythromos</i>	0.94	0.52
<i>Sturnira lilium</i>	0.94	0.52
<i>Tadarida brasiliensis</i>	0.51*	-

*AUC no significativo. Modelo desestimado

especies frugívoras, por fuera de la eco-región de Yungas, están asociados a los ecotonos con el Chaco (Barquez & Díaz 2001).

Mapa de riqueza potencial

En los últimos años en el área de estudio se ha incrementado notablemente los muestreos de murciélagos (Gamboa Alurralde et al. 2016), en comparación con otras áreas de Argentina, aunque la provincia de Catamarca aún sigue siendo la menos explorada. El mapa de riqueza se construyó a partir de un número mayor de mapas de registros (18), que mapas binarios obtenidos desde los modelos (9), debido al bajo número de registros. Obtener localidades de presencia para las especies de murciélagos, particularmente los insectívoros, es dificultoso debido a que son animales difíciles de capturar, provocando que la riqueza sea subestimada (Barnhart & Gillam 2014), aunque en ciertas zonas, como Escaba, se ha obtenido una buena captura de especies insectívoras (Gamboa Alurralde et al. 2016). En contraposición, al no haberse incorporado variables que reflejen interacciones ecológicas (competencia y dispersión), la riqueza puede ser sobreestimada, pero no resulta relevante para la riqueza de murciélagos (Bloch et al. 2011).

El mapa obtenido muestra la importancia de los bosques de Yungas en la distribución de especies de murciélagos, donde los sitios de riqueza elevada se encuentran delimitados a las zonas altas y el pedemonte. Ibsch & Mérida (2003) consideran la zona de las Yungas muy rica en especies en relación al resto de las eco-regiones de Argentina, debido a que son centro de diversidad de varios grupos sensibles a clima húmedo y centros de endemismo en altitudes medianas. Este trabajo aporta al análisis

sis biogeográfico de los murciélagos de Argentina, emprendido por el Programa de Investigaciones de Biodiversidad Argentina (PIDBA), que pretende entender qué factores limitan la distribución en sentido latitudinal, y cómo se construyen los ensambles de estas especies en los límites de la distribución de las ecorregiones y ecotonos.

detallado sería fundamental generar capas GIS que reflejen aquellos factores de origen antrópico que están limitando o modificando la distribución de las especies de murciélagos, como se dijo anteriormente, así como la de vegetación nativa, con su respectivo estado de conservación.

Familia Molossidae

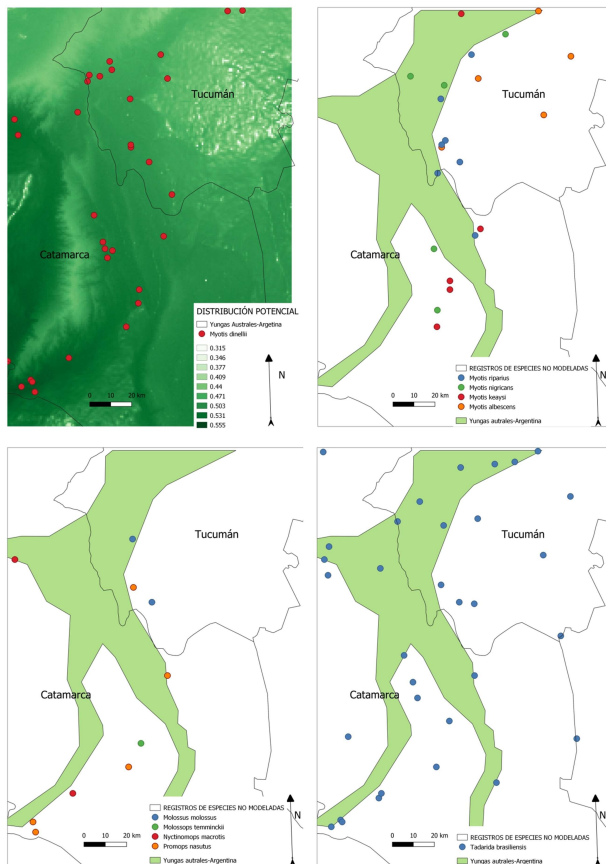


Fig. 4. Familia Molossidae. Modelos de distribución potencial ($AUC > 0.6$) y registros de especies no modeladas.

Es importante destacar el rol de los modelos de distribución potencial como herramienta para la biología de la conservación. La construcción de nuevas capas GIS a escalas regionales y locales es prioritaria con la finalidad de optimizar el uso de esta herramienta. El área de estudio se encuentra bajo la amenaza de la ampliación de la frontera agrícola, que en la provincia de Tucumán avanza desde el este (Ayarde 1995) y en sentido sur-norte en la provincia de Catamarca (Paoli et al. 2006). Para un análisis más

Áreas de Importancia para la Conservación de los Murciélagos (AICOM)

En Tucumán las Reservas Provinciales La Florida y Santa Ana protegen el último remanente de pedemonte en buen estado de conservación (Brown et al. 2002), mientras que en la provincia de Catamarca no existen áreas protegidas que incluyan la ecorregión de Yungas, siendo por lo tanto de gran importancia la gestión de políticas de protección sobre dicha ecorregión. Los alrededores del Dique Escaba se encuentran dentro del piso de vegetación altitudinal de pedemonte, con sitios en buen estado de conservación, pequeñas parcelas agrícolas en uso y otras en regeneración. La presencia del dique ha favorecido el desarrollo del turismo y actividades recreativas como el tracking y motocross, y además la colonia de *Tadarida brasiliensis* es considerada un atractivo turístico. Si se declaran áreas protegidas legales, provinciales o nacionales, éstas deberían pensarse como de usos múltiples; donde pudiera estudiarse el ensamble de murciélagos en función de actividades productivas (turismo, cultivos de baja escala y urbanización), utilizando los quirópteros como indicadores del estado de conservación (Medellín et al. 2000). El presente estudio, como otros desarrollados recientemente (Gamboa Alurralde et al.

2016; 2017), fueron insumos para la declaración de AICOM en las zona de Escaba, como así también del AICOM El Portal de Pakilingasta que incluye la Cuesta del Totoral, cuyos bosques protegen al departamento Santa Rosa de inundaciones (Barros & Gimenez 2017). Ambas localidades reflejan cómo los AICOMs y SICOMs se convierten en herramientas de conservación que incluso superan, en términos teóricos, a los murciélagos y se plasman en la conservación del territorio y el bosque.

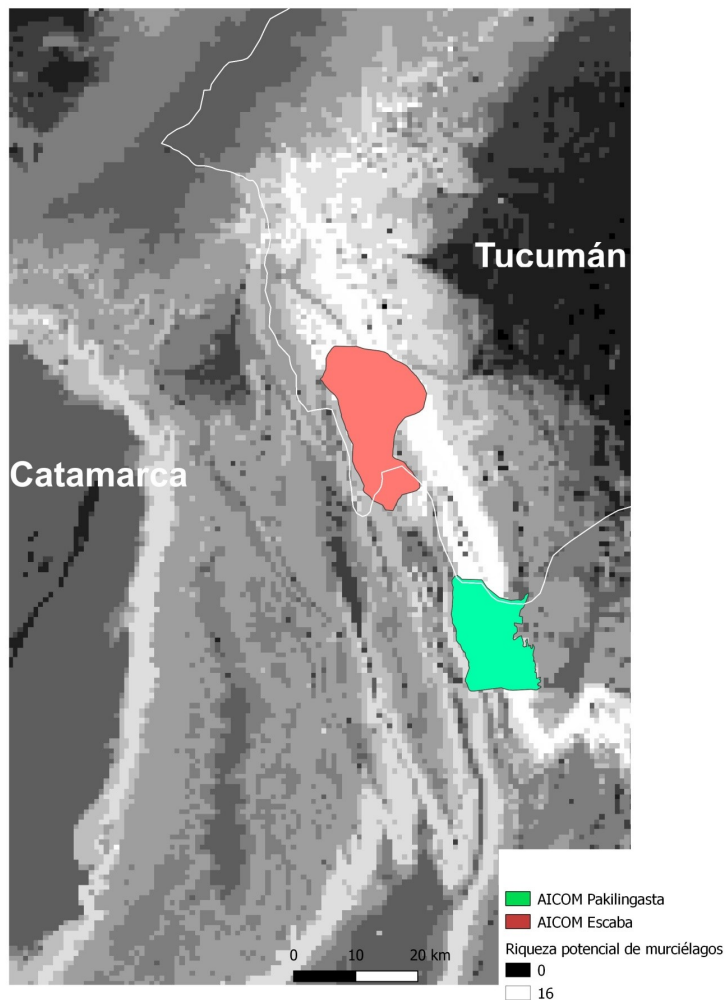


Fig. 5. Mapa de riqueza de murciélagos de la porción austral de las Yungas. AICOM designados en la actualidad, con base en el mapa de riqueza. Rojo: AICOM Escaba y área de influencia. Verde: AICOM El Portal de Pakilingasta.

AGRADECIMIENTOS

Cecilia Castilla agradece a R. Torres, por su colaboración en el desarrollo de los modelados, y al CONICET por la beca otorgada para la finalización de los estudios de doctorado y beca posdoctoral.

LITERATURA CITADA

- AGUIRRE, L. F. & R. M. BARQUEZ. 2013. Critical areas for bat conservation: Latin American Conservationists build a grand strategy. *Bats* 31:10-12.
- AGUIRRE, L. F. ET AL. 2014. De esfuerzos locales a una iniciativa regional: La Red Latinoamericana y del Caribe para la Conservación de los Murciélagos (RELCOM). *Ecología en Bolivia* 49:45-50.
- ARMSTRONG, K. 2008. Brazilian free-tailed bat (*Tadarida brasiliensis*). *Mammalian Species* 4:1-6.
- ANDERSON, R. P., A. T. PETERSON & M. GÓMEZ LAVERDE. 2002. Using niche-based GIS modeling to test geographic predictions of competitive exclusion and competitive release in South American pocket mice. *Oikos* 98:3-16. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.t01-1-980116.x>
- AVARDE, H. 1995. Estructura de un sector de selva pedemontana. Reserva Fiscal Parque La Florida, Tucumán (Argentina). Brown, A.D. & H.R. Grau (eds.). Investigación, conservación y desarrollo en selvas subtropicales de montaña. Proyecto de Desarrollo Forestal, Laboratorio de Investigaciones Ecológicas de las Yungas. <https://doi.org/10.3989/graellsia.2015.v71.134>
- BAIRD, A. B. ET AL. 2015. Molecular systematic revision of tree bats (Lasiurini): doubling the native mammals of the Hawaiian

- Islands. *Journal of Mammalogy* 96:1255-1274. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyv135>
- BARNHART, P. R. & E. H. GILLAM. 2014. The impact of sampling method on maximum entropy species distribution modeling for bats. *Acta Chiropterologica* 16:241-248. <https://doi.org/10.3161/150811014x683435>
- BARQUEZ, R. M. & M. M. DÍAZ. 2001. Bats of the Argentine Yungas: a systematic and distributional analysis. *Acta Zoológica Mexicana* 82:29-81.
- BARQUEZ, R. M., M. A. MARES & J. K. BRAUN. 1999. The bats of Argentina. Lubbock, Texas: Special Publications, Museum of Texas Tech University.
- BARQUEZ, R. M., M. M. DÍAZ & R. A. OJEDA (EDS.). 2006. Mamíferos de Argentina: Sistemática y distribución. SAREM (Sociedad Argentina para el Estudio de los Mamíferos). <https://doi.org/10.31687/saremlr.19.101>
- BARQUEZ, R. M., M. S. SÁNCHEZ & M. L. SANDOVAL. 2011. Nuevos registros de murciélagos (Chiroptera) en el norte de Argentina. *Mastozoología Neotropical* 18:10-24.
- BARROS J. & A. M. GIMÉNEZ. 2017. El valor de un bosque montano en Catamarca, Argentina. Giménez, A.M. & J. G. Moglia (eds.). Los bosques actuales del Chaco Semiárido Argentino: ecoanatomía y biodiversidad, una mirada propositiva. Encuentro Grupo Editor. <https://doi.org/10.21829/myb.2013.191345>
- BEAUMONT, L. J., A. J. PITMAN, M. POULSEN & L. HUGHES. 2007. Where will species go? Incorporating new advances in climate modelling into projections of species distributions. *Global Change Biology* 13:1368-1385. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01357.x>
- BELLAMY, C., C. SCOTT & J. ALTRINGHAM. 2013. Multiscale, presence only habitat suitability models: fine resolution maps for eight bat species. *Journal of Applied Ecology* 50:892-901. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12117>
- BERTONATTI, C. & J. CORCUERA. 2000. Situación ambiental Argentina 2000. Fundación Vida Silvestre.
- BLOCH, C. P., R. D. STEVENS, & M. R. WILLIG. 2011. Body size and resource competition in New World bats: a test of spatial scaling laws. *Ecography* 34:460-468. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2010.06270.x>
- BROWN, J. H. 1984. On the relationship between abundance and distribution of species. *The American Naturalist* 124:255-279. <https://doi.org/10.1086/284267>
- BROWN, A. D. 1995. Las selvas de montaña del noroeste de Argentina: problemas ambientales e importancia de su conservación. Brown, A. D. y H. R. Grau (eds.). Investigación, conservación y desarrollo en selvas subtropicales de montaña. Proyecto de Desarrollo Agroforestal-Laboratorio de Investigaciones Ecológicas de las Yungas. <https://doi.org/10.21829/myb.2015.213463>
- BROWN, A. D., A. GRAU, T. LOMÁSCOLO & N. I. GASPARRI. 2002. Una estrategia de conservación para las selvas subtropicales de montaña (Yungas) de Argentina. *Ecotrópicos* 15:147-159.
- BURKART, R., N. BÁRBARO, R. SÁNCHEZ & D. GÓMEZ. 1999. Ecoregiones de la Argentina. Buenos Aires: Parques Nacionales, Programa Desarrollo Institucional Ambiental.
- BURNEO, S. F. & D. G. TIRIRA. 2014. Murciélagos del Ecuador: un análisis de sus patrones de riqueza, distribución y aspectos de conservación. *Therya* 5:197-228. <https://doi.org/10.12933/therya-14-184>
- CASTILLA, C. M., R. TORRES & M. M. DÍAZ. 2013. Murciélagos de la provincia de Córdoba, Argentina: riqueza y distribución. *Mastozoología Neotropical* 20:243-254.
- CASTILLA, M. C., S. E. AGÜERO, & W. AGUIRRE. 2019. Aicom-El Portal de Pakilingasta, Catamarca, Argentina. A-AR-011. Red Latinoamericana y del Caribe para la Conservación de Murciélagos. Programa de Conservación de Murciélagos de Argentina. 13 p. <https://doi.org/10.35537/10915/35299>
- CASTILLA, M. C., & S. GAMBOA ALURRALDE. 2019. AicoM- Dique Escaba y área de influencia, Catamarca-Tucumán, Argentina. A-AR-011. Red Latinoamericana y del Caribe para la Conservación de Murciélagos. Programa de Conservación de Murciélagos de Argentina. 13 p. <https://doi.org/10.14709/barbj.10.1.2017.02>
- CEBALLOS, G. & P. R. EHRLICH. 2002. Mammal population losses and the extinction crisis. *Science* 296(5569):904-907. <https://doi.org/10.1126/science.1069349>
- COUSINS, J. A. & S. G. COMPTON. 2005. The Tongan flying fox *Pteropus tonganus*: status, public attitudes and conservation in the Cook Islands. *Oryx* 39:196-203. <https://doi.org/10.1017/S003060530500044x>
- DÍAZ, M. M., S. SOLARI, L. F. AGUIRRE, L. M. AGUILAR & R. M. BARQUEZ. 2016. Clave de Identificación de los Murciélagos de Sudamérica-Chave de identificação dos Morcegos da America do Sul. Publicación Especial del PCMA, Nro. 2.
- DÍAZ, M., M. CARBAJAL, E. LIPPS, A. LUTZ, S. ROSENFELD & R. BARQUEZ. 2006. El estado de conservación de los murciélagos de Argentina. Gustavo Porini y Daniel Ramadori (eds.). Manejo de fauna silvestre en la Argentina. Programas de Conservación de Especies Amenazadas. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Dirección de Fauna Silvestre. <https://doi.org/10.3989/graelisia.2012.v68.063>
- ELITH, J. ET AL. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 2:2129-151.
- FIELDING, A. H. & J. F. BELL. 2002. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation* 24:38-49. <https://doi.org/10.1017/S0376892997000088>
- GAMBOA ALURRALDE, S. 2016. Ensamblajes de murciélagos (Mammalia, Chiroptera) en zonas con distinto grado de perturbación de las Yungas de Argentina. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán. <https://doi.org/10.35428/cds.v0i3.44>
- GAMBOA ALURRALDE, S., R. T. SÁNCHEZ, R. M. BARQUEZ & M. M. DÍAZ. 2016. New records of bats (Chiroptera, Mammalia) from Argentina. *Check List* 12:1-11. <https://doi.org/10.15560/12.2.1873>
- GAMBOA ALURRALDE, S., R. M. BARQUEZ & M. M. DÍAZ. 2017. New records of bats (Mammalia: Chiroptera) for a southern locality of the Argentine Yungas. *Check List* 13:1-8. <https://doi.org/10.15560/13.3.2105>
- HENGEVELD, R., & J. HAECK. 1982. The distribution of abundance. I. Measurements. *Journal of Biogeography* 9:303-316.
- 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(15):1965-1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- HILLEBRAND, H. 2004. On the generality of the latitudinal diversity gradient. *The American Naturalist* 163:192-211. <https://doi.org/10.1086/381004>
- HUTCHINSON, G. E. 1958. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor symposia on quantitative biology* 22:415-422. <https://doi.org/10.1101/sqb.1957.022.01.039>
- IBISCH, L.P. & G. MÉRIDA. 2003. Biodiversidad: La riqueza de Bolivia. FAN-Bolivia.
- KRAMER SCHADT, S. ET AL. 2013. The importance of correcting for sampling bias in MaxEnt species distribution models. *Diversity and Distribution* 19:1366-1379.
- LIU, C., M. WHITE & G. NEWELL. 2013. Selecting thresholds for the prediction of species occurrence with presence-only data. *Journal of Biogeography* 40:778-789. <https://doi.org/10.1111/jbi.12058>
- LOBO, J. M., A. JIMÉNEZ VALVERDE & R. REAL. 2008. AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography* 17:145-151. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2007.00358.x>
- MEDELLÍN, R. A., M. EQUIHUA & M. A. AMIN. 2000. Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in Neotropical rainforests. *Conservation Biology* 14:1666-1675. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99068.x>

- NASSAR, J. 2017. CYTED apoya a la RELCOM para impulsar el Programa Regional de AICOMs y SICOMs. Boletín de la Red Latinoamericana y del Caribe para la Conservación de los Murciélagos 8:1–2. <https://doi.org/10.18356/9f8ab7eb-es>
- NOVAES, R. L. M., S. T. G. GARBINO, V. C. CLÁUDIO, & R. MORATELLI. 2018. Separation of monophyletic groups into distinct genera should consider phenotypic discontinuities: the case of *Lasiurini* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Zootaxa* 4379:439–440. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4379.3.8>
- OJEDA, R. A. & M. A. MARES. 1989. A biogeographic analysis of the mammals of Salta Province, Argentina: patterns of species assemblage in the Neotropics. *Special Publications* 27. <https://doi.org/10.11646/bhl.title.156488>
- OJEDA, R. A., J. STADLER & R. BRANDL. 2003. Diversity of mammals in the tropical–temperate Neotropics: hotspots on a regional scale. *Biodiversity and Conservation* 12:1431–1444.
- OJEDA, R. A., R. M. BARQUEZ, J. STADLER & R. BRANDL. 2008. Decline of mammal species diversity along the Yungas forest of Argentina. *Biotropica* 40:515–521. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2008.00401.x>
- PAOLI, H. P., ET AL. 2006. Monitoreo de cultivos extensivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos. Campaña agrícola 2005–2006 Cultivos de verano. INTA, Centro Regional Salta-Jujuy.
- PHILLIPS, S. J. & M. DUDÍK. 2008. Modeling of species distributions with MaxEnt: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31:161–175. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>
- PHILLIPS, S. J., R. P. ANDERSON & R. E. SCHAPIRE. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231–259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- SANDOVAL, M. L., M. S. SÁNCHEZ & R. M. BARQUEZ. 2010a. Mammalia, Chiroptera (Blumenbach, 1779). New locality records, filling gaps and geographic distribution maps from Northern Argentina. *Check List* 6:64–70. <https://doi.org/10.15560/6.1.064>
- SANDOVAL, M. L., C. A. SZUMIK & R. M. BARQUEZ. 2010b. Bats and marsupials as indicators of endemism in the Yungas forest of Argentina. *Zoological Research* 31:633–644.
- SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE & SOCIEDAD ARGENTINA PARA EL ESTUDIO DE LOS MAMÍFEROS. 2019. Categorización de los mamíferos de Argentina. Lista Roja. <http://cma.sarem.org.ar/https://doi.org/10.31687/saremlr.19.140>
- SOBERÓN, J. & A. T. PETERSON. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2:1–10. <https://doi.org/10.17161/bi.v2i0.4>
- TABENI, M., J. BENDER & R. OJEDA. 2004. Puntos calientes para la conservación de mamíferos en la provincia de Tucumán, Argentina. *Mastozoología Neotropical*. 11:55–67.
- TORRES, R. & J. P. JAYAT. 2010. Modelos predictivos de distribución para cuatro especies de mamíferos (Cingulata, Artiodactyla y Rodentia) típicas del Chaco en Argentina. *Mastozoología Neotropical* 17:335–352.
- URQUIZO, J. H., R. M. BARQUEZ & M. M. DÍAZ. 2017. Nueva especie de *Myotis* (Chiroptera: Vespertilionidae) para la Argentina. *Mastozoología Neotropical* 24:257–261.
- VARGAS, A., L. F. AGUIRRE, L. SILES, M. F. TERÁN, I. MOYA & C. M. ZAMBRANA TORRELIO. 2010. Patrones de riqueza potencial de especies y áreas importantes para la conservación de murciélagos (AICOM's) de Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 27:9–24.

MATERIAL SUPLEMENTARIO ONLINE

Suplemento 1

Table S1. *Especies registradas por fuera del área del dique Escaba. Bibliografía registros: Barquez et al. 1999; Barquez & Díaz 2001; Sandoval et al. 2010a; Sandoval et al 2010b; Barquez et al. 2011; Gamboa Alurralde et al. 2016; Barros & Gimenez 2017.