



## Artículo

# MURCIÉLAGOS DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA, ARGENTINA: RIQUEZA Y DISTRIBUCIÓN

Cecilia M. Castilla<sup>1</sup>, Ricardo Torres<sup>2</sup> y M. Mónica Díaz<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Museo de Zoología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Av. Vélez Sarsfield 299, 5000 Córdoba, Argentina [Correspondencia: María Cecilia Castilla <mceciliacastilla@gmail.com>].

<sup>2</sup> Cátedra de Diversidad Animal II, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.

<sup>3</sup> Programa de Investigaciones de Biodiversidad Argentina (PIDBA), Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán y Fundación Miguel Lillo, Miguel Lillo 251, 4000 Tucumán, Argentina.

**RESUMEN.** Los objetivos del trabajo fueron identificar vacíos en la información distribucional existente referida a los quirópteros de la provincia de Córdoba, para determinar el patrón de riqueza de especies e individualizar las variables que afectan la distribución de cada especie en particular. Se realizaron búsquedas bibliográficas de registros publicados, revisiones de ejemplares depositados en colecciones sistemáticas y relevamientos de localidades puntuales. Con base en los datos distribucionales obtenidos se realizaron modelos predictivos utilizando el programa Maxent. El mapa de riqueza se obtuvo mediante la superposición de 10 mapas individuales de presencia-ausencia, más las celdas de presencia de las cinco especies que no pudieron ser modeladas por presentar menos de cinco registros. Se obtuvieron 204 registros de 15 especies en 191 localidades. La mayor parte de las localidades se concentra en la zona serrana. Las 15 especies registradas fueron citadas para el bosque serrano. *Desmodus rotundus*, *Tadarida brasiliensis* y *Myotis dinellii* presentaron el mayor número de registros. En tres de los 26 departamentos de la provincia de Córdoba (General Roca, Roque Sáenz Peña y Totoral) no se hallaron registros. El rango anual de la temperatura fue la variable más importante para el conjunto de especies, seguida por dos variables topográficas, la pendiente y la elevación. El área serrana de la provincia constituyó la zona de mayor riqueza, con celdas con hasta diez especies.

**ABSTRACT.** Bats of Cordoba Province, Argentina: Richness and distribution. The objectives of this study were to identify gaps in existing distributional information referred to the bats of Cordoba Province, to determine the pattern of species richness, and to identify the variables that affect the distribution of each species in particular. We searched the published records in the literature, reviewed specimens in systematic collections, and surveyed specific localities. Based on the obtained distributional data we performed predictive models using the Maxent software. Richness map was obtained by overlaying 10 individual presence-absence maps, plus the presence cells of the five species that could not be modelled by having less than five records. We obtained 204 records of 15 species in 191 localities. Most localities are concentrated in the mountain area. The 15 species were cited for the mountain forest. *Desmodus rotundus*, *Tadarida brasiliensis* and *Myotis dinellii* presented the highest number of records. No records were found in three of the 26 departments in Cordoba Province (General Roca, Roque Sáenz Peña and Totoral). The annual temperature range was the most important variable for all species, followed by two topographic variables, slope and elevation. The mountain area of the province was the richest area, with cells with up to 10 species.

**Palabras clave:** Chiroptera. Maxent. Modelos predictivos de nicho.

**Key words:** Chiroptera. Maxent. Predictive niche models.

## INTRODUCCION

Los murciélagos (orden Chiroptera) incluyen aproximadamente 1133 especies (Simmons y Conway, 2003; Simmons, 2005; Reeder et al., 2007), siendo la región Neotropical la de mayor riqueza (Hutson et al., 2001). De las 17 familias que existen en el mundo, 9 se encuentran representadas en esta región, principalmente en las zonas tropicales; el número decrece paulatinamente a medida que aumenta la latitud (Jones, 2002). Este patrón se repite en cuanto al número de especies a escala global, habiéndose hipotetizado que la mayor temperatura y menor estacionalidad térmica de las regiones tropicales con respecto a las templadas hacen a aquellas más productivas y determinan una mayor disponibilidad de recursos, lo cual habría permitido una especialización trófica más acentuada y la coexistencia de un mayor número de especies (especialmente de la familia Phyllostomidae; Leighton y Leighton, 1983; Flemming, 1986; Wolda, 1988; Dumont, 1999; Freeman, 2000; Potts, 2003). Del mismo modo, se ha observado una disminución en el número de especies a medida que aumenta la altitud (Rhabek, 1995; Brown y Lomolino, 1998), probablemente debido al descenso paulatino de la temperatura y de los recursos (Graham, 1983). A escala regional, estudios realizados sobre ensamblajes de murciélagos insectívoros en Australia muestran cómo la riqueza de especies está positivamente correlacionada con la precipitación anual, la heterogeneidad topográfica y la distancia a los ríos (Milne et al., 2005, 2006).

En Argentina, se han registrado 61 especies de quirópteros, pertenecientes a 4 familias: Noctilionidae, Phyllostomidae, Molossidae y Vespertilionidae (Barquez y Díaz, 2009). De estas, 15 especies han sido citadas para la provincia de Córdoba, lo que representa a todas las familias presentes en el país excepto Noctilionidae (Gutiérrez, 1996; Morando y Polop, 1997; Tiranti Paz y Torres Martínez, 1998; Barquez et al., 1999).

En la provincia de Córdoba, excluyendo el vampiro (*Desmodus rotundus*) que es hematófago, todas las especies de murciélagos son insectívoras (Barquez y Díaz, 2009). Algunas,

como *Tadarida brasiliensis*, *Myotis dinellii* y *Molossus molossus*, son generalistas en cuanto al uso del hábitat, frecuentando paisajes rurales e incluso urbanos; mientras que otras como *Lasiurus blossevillii*, *L. cinereus* y *Dasypterus ega* tienen requisitos de hábitats más estrictos, ya que se refugian en árboles y palmeras o están asociadas a estructuras de vegetación boscosa (Crespo et al., 1961; Barquez y Ojeda, 1992; Tiranti Paz y Torres Martínez, 1998).

La mayoría de las especies presentes en Córdoba posee un bajo número de registros (Tiranti Paz y Torres Martínez, 1998); así, por ejemplo, *Molossops temminckii*, catalogada como la especie más común para la Región Chaqueña (Barquez y Ojeda, 1992), solo fue citada en dos localidades en Córdoba (Barquez et al., 1999; Castilla et al., 2010). Muchas de las citas, además, son antiguas, ya que corresponden a colectas realizadas hace más de 40 años (Sanborn y Crespo, 1957; Wainberg y De Rosa, 1966; Villa y Villa, 1971).

Los murciélagos cumplen un importante papel en el ecosistema; en particular, los insectívoros participan en el control de las poblaciones de insectos, incluidos aquellos considerados plagas agrícolas o vectores de enfermedades humanas (malaria, fiebre amarilla, dengue) haciendo las veces de "controladores biológicos" (Kalka, 2008). A pesar de ello, enfrentan, especialmente en las áreas urbanas y suburbanas, numerosas amenazas, tales como la destrucción de sus refugios y la matanza de individuos en las colonias (Galarza y Aguirre, 2007). Frente a estas amenazas se cree necesaria, en un futuro inmediato, la elaboración de planes de manejo que contengan, además de la información sobre la ecología de las especies, el conocimiento de los patrones de distribución de las mismas.

Los modelados de distribución potencial constituyen una herramienta promisoriosa para este objetivo (Jaberg y Guisan, 2001; Sattler et al., 2007). Basados en la teoría del "hipervolumen" (Hutchinson, 1958), actualmente existen numerosos algoritmos para el desarrollo de modelos predictivos de distribución. Dichos modelos posibilitan la extrapolación de los registros distribucionales conocidos de una especie dada hacia áreas no exploradas, con base en un modelo calibrado con las características

ambientales de los sitios de presencia conocidos, aun cuando tales sitios sean escasos. Al mismo tiempo, se obtiene información acerca de las variables ambientales que afectan a la distribución de las especies.

Considerando lo expuesto, los objetivos principales de este trabajo fueron identificar vacíos en la información distribucional existente referida a los murciélagos de la provincia de Córdoba, determinar el patrón de riqueza de especies e individualizar las variables que afectan la distribución de cada una en particular.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La provincia de Córdoba se encuentra en la región central de Argentina ( $29^{\circ} 26' - 35^{\circ} 01' S$ ,  $61^{\circ} 46' - 65^{\circ} 47' O$ ) y presenta una superficie total de 165 321 km<sup>2</sup>, dominada por planicies interrumpidas al oeste por las Sierras Pampeanas. Esta cadena montañosa corre en sentido norte-sur y presenta una altura máxima de 2884 m. El clima es estacional, con precipitaciones concentradas en el verano. La temperatura media anual es de 20°C y la temperatura media mínima es de 9°C (Capitanelli, 1979, 1988). Las temperaturas decrecen de norte a sur y de este a oeste. Las llanuras originales presentaban bosques xerofíticos en el norte y el oeste, perteneciente a las ecorregiones del Chaco Seco y el Espinal (Burkart et al., 1999). Una depresión salina (Salinas Grandes) domina la esquina noroeste. Los pastizales en el sureste, pertenecientes a la ecorregión de la Pampa, en los últimos 150 años se convirtieron en áreas de cultivo y ganadería, del mismo modo que la casi totalidad del Espinal y gran parte del Chaco Seco. La vegetación de montaña en la provincia de Córdoba se encontraría incluida dentro de la ecorregión del Chaco Seco según Burkart et al. (1999); sin embargo, la misma presenta caracteres distintivos con elementos propios de las zonas andinas y patagónicas, además de las típicas del Chaco (Cabrera, 1976; Luti et al., 1979). De este modo, puede observarse variación según la altitud: bosque chaqueño de llanuras hasta los 1350 m; bosque serrano (aunque por

las quebradas los bosques pueden alcanzar alturas muy superiores) y, por encima de estos, pastizales de altura, hasta los 2300 m.

### Toma de datos y métodos de recolección

Se realizó una búsqueda exhaustiva de localidades de registro de especies de quirópteros en la provincia de Córdoba mediante la revisión de trabajos publicados, de ejemplares depositados en colecciones sistemáticas (Apéndice 1) y de una base de datos disponible online (GBIF: <http://data.gbif.org>) y la consulta a especialistas. Además, se realizaron muestreos de campo en 15 sitios seleccionados sobre la base de su buen estado de conservación y accesibilidad; en 8 de ellos se lograron registros (Fig. 1). En cada sitio se colocaron dos redes de 12 x 2.5 m y una de 6 x 2.5 m al anochecer, en diferentes microambientes (corredores de vegetación, cursos de agua, espacios abiertos, salidas de cavernas y taperas abandonadas), las cuales fueron revisadas cada media hora, totalizando 12 hs de muestreo durante dos noches en cada uno de los sitios muestreados. Durante el día se realizaron búsquedas activas de refugios en casas abandonadas, troncos de árboles, etc. Cada ejemplar fue identificado a nivel de especie con la ayuda de

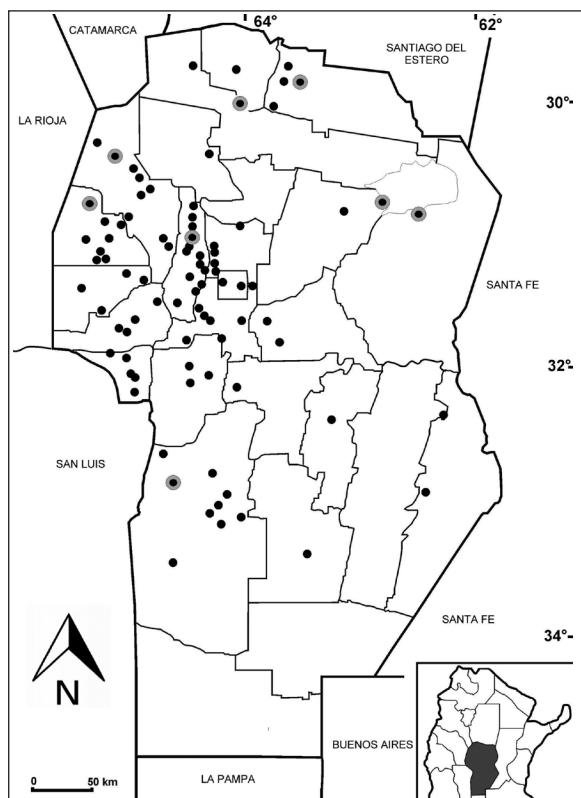


Fig. 1. Localidades de registro de quirópteros en la provincia de Córdoba (puntos negros); ● indica aquellos sitios muestreados en el marco del presente trabajo.

la clave de identificación de campo de Barquez y Díaz (2009), tomándose medidas estándar (Díaz et al., 1998) para su identificación. Se colectaron especímenes de referencia que fueron depositados en el Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba (**Apéndice 1**).

### Modelado de distribución potencial

Utilizando los registros recopilados se realizaron modelos predictivos de distribución para cada especie en toda la provincia de Córdoba, empleando el software Maxent v3.1 (Phillips et al., 2006) y 2 conjuntos de variables ambientales, las cuales fueron reformateadas a una resolución de 900 x 900 m (**Tabla 1**): 1) climáticas, 19 variables bioclimáticas obtenidas de la base de datos WordClim (Hijmans et al., 2005); 2) topográficas, modelo de elevación digital (DEM, según sus siglas en inglés) obtenido de la base SRTM de la NASA (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/cbanddataproducts.html>) y capas derivadas de la anterior mediante un software de GIS: pendiente, distancia a cursos de agua y diversidad de pendiente y de elevación. Estas tres últimas variables sólo fueron utilizadas en *Histiopus montanus* (de ocurrencia exclusiva en la zona serrana); considerando la mayor abundancia de registros del resto de las especies en las sierras (ver **Resultados**), la inclusión de estas variables en los modelos podría ocasionar una sobrevaloración de la importancia relativa de las mismas y por lo tanto ofrecer una predicción falsamente restringida a dicha zona.

Se siguieron dos protocolos de modelado diferentes, uno para especies con >10 registros y otro para aquellas con <10 registros, excluyéndose del modelado aquellas con <5 registros (Pearson et al., 2007). Para las primeras se obtuvo un conjunto inicial de 10 modelos con todas las variables, seleccionándose al azar un 75% de las ocurrencias en cada una de las corridas para el entrenamiento de los modelos y dejando el 25% restante para su posterior validación. Siguiendo la metodología detallada en Torres y Jayat (2010), este conjunto inicial fue utilizado para identificar variables cuya contribución al modelo fue mínima o nula utilizando el test de jackknife provisto como resultado de Maxent (Yost et al., 2008). Aquellas variables que al ser removidas del modelo general no causaron un decrecimiento mayor a 0.01 en la ganancia de entrenamiento, fueron eliminadas. La correlación entre las variables restantes fue testeada mediante el coeficiente de correlación no paramétrico  $r_s$  de Spearman, considerando solo las celdas con datos de presencia. Solo aquellas correlaciones con un valor de  $r_s > 0.80$  fueron consideradas

como significativas. Si una correlación entre un par de variables fue significativa, aquella variable que menos aportó al modelo general fue eliminada. Estos procesos de selección de variables permiten determinar los requerimientos de hábitat de cada una de las especies. Con este conjunto reducido de variables, en las especies con >10 registros se realizó una segunda instancia de modelado, efectuando 100 corridas del modelo. El modelo final fue obtenido promediando los 10 modelos con 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). 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) en forma análoga a Anderson et al. (2002) y Peterson y Nyári (2007). En las especies con <10 registros se realizó un proceso de jackknife “leave-one-out”, que consiste en realizar tantas corridas como el número de registros de la especie, dejando siempre un registro distinto fuera del entrenamiento, evaluando su ajuste mediante el software p-Value Compute (Pearson et al., 2007). En este caso, el modelo final se obtuvo promediando todas las corridas.

Para la obtención del mapa de riqueza mediante la superposición de mapas individuales es necesario que estos tengan carácter binario (presencia/ausencia). Para esto se seleccionó un umbral de corte (la probabilidad mínima a la cual la presencia de la especie se considera esperable), específicamente el promedio de la probabilidad de presencia de todos los píxeles de la predicción (Liu et al., 2005). Los mapas binarios fueron superpuestos, incluyendo las celdas de presencia de las especies con menos de 5 registros (no modeladas), para obtener el mapa final de riqueza.

## RESULTADOS

Para las 15 especies de quirópteros de la provincia de Córdoba, se obtuvo un total de 204 registros en 191 localidades. El 25% de los registros (n=51) son inéditos y de estos el 41% (n=21) fueron generados a partir de trabajo de campo (**Fig. 1**). De los 21 registros, 12 se obtuvieron mediante capturas, ya sea con redes o manualmente, y 9 corresponden a *D. rotundus* y fueron obtenidos a través de la identificación de heces (n=2), marcas de ataques a ganado (n=6), u observación directa

**Tabla 1**

Listado de variables ambientales utilizadas en el modelado de distribución potencial de las especies de quirópteros en la provincia de Córdoba.

Variable	Tipo	Origen
Distancia a cursos de agua (DA)	Topográfica	Derivada
Diversidad de elevación (DE)	Topográfica	Derivada
Diversidad de pendiente (DP)	Topográfica	Derivada
DEM-Elevación (E)	Topográfica	NASA
Pendiente (P)	Topográfica	NASA
Estacionalidad de la precipitación (EP)	Bioclimática	WorldClim
Estacionalidad de la Temperatura (ET)	Bioclimática	WorldClim
Evapotranspiración (EV)	Bioclimática	WorldClim
Isotermalidad (I)	Bioclimática	WorldClim
Precipitación anual (PA)	Bioclimática	WorldClim
Precipitación en el mes más húmedo (PMH)	Bioclimática	WorldClim
Precipitación en el mes más seco (PMS)	Bioclimática	WorldClim
Precipitación trimestre más frío (PTF)	Bioclimática	WorldClim
Precipitación trimestre más húmedo (PTH)	Bioclimática	WorldClim
Precipitación trimestre más seco (PTS)	Bioclimática	WorldClim
Rango anual de temperatura (RAT)	Bioclimática	WorldClim
Rango diurno medio de temperatura (RDT)	Bioclimática	WorldClim
Temperatura media anual (TMA)	Bioclimática	WorldClim
Temperatura mínima mes más frío (TMF)	Bioclimática	WorldClim
Temperatura máxima mes más cálido (TMMC)	Bioclimática	WorldClim
Temperatura media trimestre más cálido (TMTC)	Bioclimática	WorldClim
Temperatura media trimestre más frío (TMTF)	Bioclimática	WorldClim
Temperatura media trimestre más húmedo (TMTH)	Bioclimática	WorldClim
Temperatura media trimestre más seco (TMTS)	Bioclimática	WorldClim

(n=1). Los registros novedosos se detallan en el **Apéndice 1**.

Analizando la distribución de las localidades de registro (**Fig. 1**), se observa que la mayoría se concentran en la zona serrana, con un 62% por encima de los 500 m. Las regiones o zonas menos representadas son los bajos salinos del noroeste, los bajos inundables de la Laguna Mar Chiquita y Bañados del Río Dulce al noreste y la región sureste de la provincia.

Las 15 especies registradas en la provincia de Córdoba fueron citadas para el bosque serrano con más del 49% de registros, 14 en el Espinal (exceptuando a *Eumops bonariensis*), 9 en los

pastizales de altura, 6 en el Chaco Seco y solo 2 (*Eptesicus furinalis* y *D. ega*) en la ecorregión de la Pampa. Los pastizales de altura y la región Pampeana incluyen el menor número de registros; en los pastizales de altura se registraron más especies que en el Chaco Seco (**Tabla 2**). *D. rotundus*, *T. brasiliensis* y *M. dinellii* fueron las especies con mayor número de registros, totalizando 47, 38 y 34, respectivamente.

En tres de los 26 departamentos que conforman la provincia de Córdoba no se obtuvieron registros (i.e., General Roca, Roque Sáenz Peña y Totoral). Los departamentos con más especies registradas fueron Colón (11 especies), Río

**Tabla 2**

Número de registros de especies de murciélagos por ecorregión en la provincia de Córdoba y número total de localidades para cada especie.

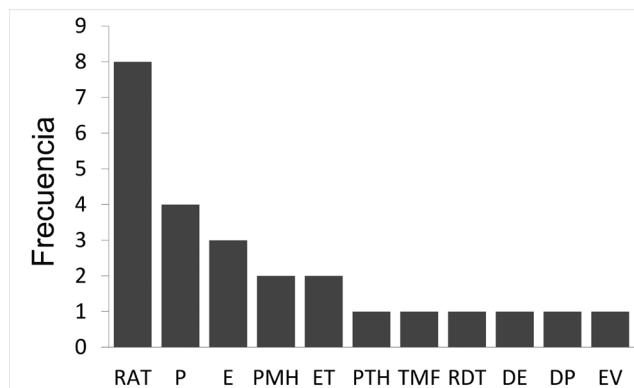
Especies	Espinal	Chaco			Pampeana	N° de registros	N° de localidades
		Bosque chaqueño de llanura	Pastizal de Altura	Bosque Serrano			
PHYLLOSTOMIDAE							
<i>Desmodus rotundus</i>	7	10	2	28	0	47	46
VESPERTILIONIDAE							
<i>Dasypterus ega</i>	3	0	1	1	1	6	6
<i>Eptesicus furinalis</i>	2	3	0	4	1	10	10
<i>Histiotus macrotus</i>	1	0	1	2	0	4	4
<i>Histiotus montanus</i>	13	0	1	1	0	15	14
<i>Lasiurus blossevillii</i>	5	1	0	10	0	16	14
<i>Lasiurus cinereus</i>	4	0	1	5	0	10	9
<i>Myotis dinellii</i>	9	6	2	17	0	34	30
MOLOSSIDAE							
<i>Eumops bonariensis</i>	0	0	0	1	0	1	1
<i>Eumops perotis</i>	1	0	1	6	0	8	8
<i>Molossops temminckii</i>	1	0	0	1	0	2	2
<i>Molossus molossus</i>	5	1	0	2	0	8	8
<i>Molossus rufus</i>	1	0	1	1	0	3	3
<i>Promops nasutus</i>	1	0		1	0	2	2
<i>Tadarida brasiliensis</i>	13	4	1	20	0	38	34
Total de registros	66	25	11	100	2	204	
Total de especies	14	6	9	15	2	15	
Total de localidades							191

Cuarto, Punilla, San Alberto, Capital y Calamuchita (entre 8 y 10 especies). Cabe destacar que en ningún departamento se registró la totalidad de las 15 especies citadas para la provincia.

En el **Apéndice 2 (material suplementario)** se muestran las predicciones obtenidas como resultado del modelado de distribución potencial para cada una de las 10 especies modeladas. Para todos los modelos el AUC fue mayor a 0.89 y todos tuvieron entre 2 y 4 variables seleccionadas cuyo aporte a la ganancia general del modelo se muestra en el **Apéndice 3 (material suplementario)**.

Aunque *D. rotundus*, *H. montanus*, *M. dinellii* y *T. brasiliensis* han mostrado una amplia

distribución en la Argentina, en la provincia de Córdoba se obtuvo una distribución restringida a las sierras. El resto de las especies presentaron una distribución más amplia, extendida hacia el este de la provincia. Al examinar las curvas de respuesta de cada una de las variables seleccionadas para los modelos de distribución potencial de cada especie (**Apéndice 4, material suplementario**), se observa que en las especies de distribución restringida las variables topográficas, tales como la elevación y la pendiente, fueron las más importantes (**Fig. 2**). Las curvas de respuesta de la aptitud del hábitat en función de estas dos variables topográficas se comportaron



**Fig. 2.** Frecuencia de las variables seleccionadas por los modelos de todas las especies en conjunto. Para la explicación de los acrónimos, véase la **Tabla 1**

A pesar de que los registros de presencia se encuentran concentrados en esta zona, este patrón también puede deberse a que, a escala de paisaje, las sierras poseen una mayor heterogeneidad ambiental que el resto de la provincia, lo que aumentaría las posibilidades de encontrar refugios.

Hasta el momento tres especies (*D. rotundus*, *H. montanus* y *M. dinellii*), cuyos modelos arrojaron distribuciones potenciales restringidas a la zonas con mayor heterogeneidad de pendiente, han sido registradas utilizando como refugio cavernas o minas en la provincia de Córdoba, refugios que solo pueden hallarse en zonas montañosas.

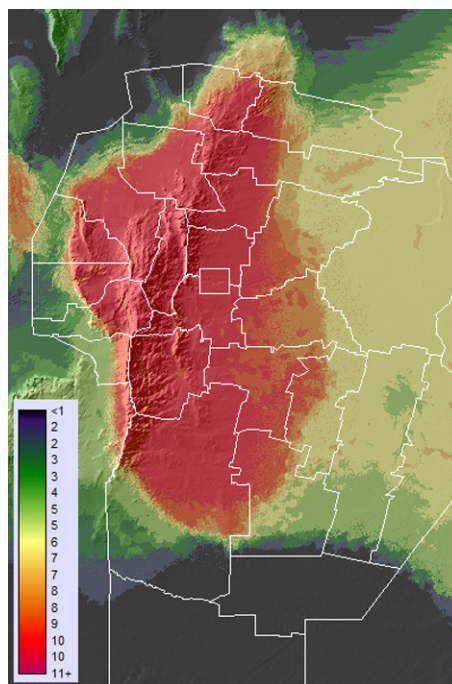
de forma similar, aumentando la aptitud a medida que se incrementaron los valores de las variables, hasta llegar a un valor máximo en el que esta relación se mantuvo constante. En promedio esta meseta alcanzó los 400 m para la elevación y un 10% en el caso de la pendiente. En las especies de distribución más amplia, en cambio, las variables más relevantes fueron las climáticas, sobre todo aquellas relacionadas con la temperatura, particularmente el rango anual de la temperatura (**Fig. 2**). En este último caso, la aptitud del hábitat fue máxima con un rango anual estrecho y decreció al aumentar este rango.

El mapa de riqueza de especies de murciélagos de la provincia de Córdoba obtenido (**Fig. 3**) muestra una zona de máxima riqueza, con celdas con hasta 10 especies, coincidente con el área serrana.

## DISCUSIÓN

La composición del ensamble de murciélagos de la provincia de Córdoba concuerda con lo encontrado por Findley (1993) en zonas templadas del norte del continente americano. Es un ensamble simple compuesto en su mayoría por especies insectívoras, característico de regiones como el Chaco (Barquez y Ojeda, 1992).

La relación entre el patrón de riqueza y las variables ambientales fue inversa, en nuestra área de estudio, a lo comúnmente citado a escala continental. Si bien ha sido señalado que el número de especies disminuye con la altitud (Jones, 2002), en el presente trabajo se observó que la zona con más alta riqueza es la serrana.



**Fig. 3.** Patrón de riqueza de especies de quirópteros de la provincia de Córdoba, expresada como la sumatoria de las predicciones binarias de los modelos individuales de cada especie.

La relación inversa observada entre la estacionalidad de la temperatura y la probabilidad de presencia de aquellas especies cuyos modelos de nicho estuvieron fuertemente influidos por esta variable, en cambio, resultó en cierto modo acorde con la hipótesis vigente que explica la mayor riqueza de murciélagos en las áreas tropicales con respecto a las templadas (Flemming, 1986; Dumont, 1999; Freeman, 2000).

En general, las especies con registros ampliamente distribuidos en un área determinada son más difíciles de modelar, dado que frecuentemente son especies generalistas de hábitat y los algoritmos no identifican una combinación determinada de variables que definan su distribución. Por ejemplo, en los casos particulares de *E. furalis* y *L. blossevillii*, los modelos tuvieron que ser ajustados con variables cuyo aporte fue muy pequeño, es decir, cuya omisión del modelado ocasionó una pérdida  $< 0.01$  en la ganancia de entrenamiento. Las representaciones gráficas de estos modelos mostraron una distribución extendida como probablemente tengan esas especies, a pesar de que se cuenta con escasos registros en la región centro de Argentina. El protocolo seguido en el presente trabajo intenta disminuir los errores y las decisiones arbitrarias, comunes en este tipo de estudios. Sin embargo, el buen ajuste de los modelos sobre los datos utilizados y su correspondencia con lo poco que se sabe sobre la historia natural de las especies, son indicadores de su buen rendimiento. Se destaca la adecuación del programa Maxent al modelado de estas especies ya que debido a su utilización generalista de los ambientes sería muy difícil encontrar verdaderas ausencias. Sin embargo, se destaca la importancia de verificar los modelos mediante muestreos de campo para poder así contrastar esta predicción con la realidad, minimizando las omisiones y comisiones de áreas predichas.

Los estudios realizados en murciélagos en la provincia de Córdoba poseen una gran importancia sistemática, debido a que esta provincia forma parte del límite sur de distribución de muchas especies de murciélagos neotropicales. Por otro lado, en general en la Argentina los estudios sobre murciélagos están concentrados en el norte del país (Barquez y Ojeda, 1992;

Barquez y Díaz, 2001; Barquez et al., 2011). La escasez de especies en las zonas más australes de la provincia (e.g., en la ecorregión Pampeana, con solo 2 especies registradas), aunque sigue un patrón latitudinal similar al observado globalmente en diversos seres vivos, incluidos los murciélagos (Hawkins et al., 2003; Willig et al., 2003), puede sin embargo deberse a que se trata de regiones submuestreadas. El hecho de que tales zonas coincidan con el área más modificada por el hombre en la provincia podría también explicar el patrón observado. Clarificar esta cuestión resulta relevante en cuanto a conservación se refiere, ya que es posible que se estén obviando áreas de importancia en aquellas zonas que cuentan con escasos registros, como el sur provincial. Por lo tanto, resulta necesario intensificar los relevamientos particularmente en esta zona de la provincia.

Este trabajo constituye la primera aproximación al estudio de la distribución y riqueza de especies de murciélagos de la provincia de Córdoba y constituye el punto de partida para futuros estudios que incorporen variables que reflejen el grado de perturbación antrópica y la vegetación. Esto permitiría evaluar el impacto del cambio en el uso de la tierra sobre la riqueza y distribución de las especies de murciélagos e incluso proyectar un panorama hacia escenarios futuros.

## AGRADECIMIENTOS

C. Castilla agradece a sus directores de tesina por haberla aleccionado correctamente, a su familia y, en especial, a Nahuel. A nuestros compañeros de tesinas Carola Diez, Verónica Chillo, Verónica Damino, Sabrina Villalba y Juan Martínez. Al Museo de Zoología de la UNC y a los miembros del PCMA (Programa de Conservación de Murciélagos de Argentina). A todas las personas que nos permitieron entrar a sus campos, en especial Sebastián Ceballos y los integrantes de la SAE (Sociedad Argentina de Espeleología); a SAREM, por el premio Ángel Cabrera otorgado en el año 2010.

## LITERATURA CITADA

- ANDERSON RP, AT PETERSON y M GÓMEZ-LAVERDE. 2002. Using niche-based modelling to test geographic predictions of competitive exclusion and competitive release in South American pocket mice. *Oikos* 98:3-16.
- BARQUEZ RM y MM DÍAZ. 2001. Bats of the Argentine Yungas: A systematic and distributional analysis. *Acta Zoológica Mexicana* 82:1-81.



- BARQUEZ RM y MM DÍAZ. 2009. Los murciélagos de Argentina - Clave de identificación. Publicación Especial N° 1, PCMA (Programa de Conservación de los Murciélagos de Argentina).
- BARQUEZ RM y RA OJEDA. 1992. The bats (Mammalia: Chiroptera) of the Argentine Chaco. *Annals of Carnegie Museum* 61:239-261.
- BARQUEZ RM, MA MARES y JK BRAUN. 1999. The bats of Argentina. Special Publications, Museum of Texas Tech University.
- BARQUEZ RM, MS. SÁNCHEZ y M L SANDOVAL. 2011. Nuevos registros de murciélagos (Chiroptera) para el norte de Argentina. *Mastozoología Neotropical*, 18(1):11-24.
- BROWN JH y MV LOMOLINO. 1998. *Biogeography*. 2a ed. Sinauser, Sunderland. Massachusetts.
- BURKART R, NO Bárbaro, RO Sánchez y DA Gómez. 1999. Ecorregiones de la Argentina. Administración de Parques Nacionales, Buenos Aires.
- CABRERA AL. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. 2a ed., tomo II. Editorial ACME, Buenos Aires.
- CAPITANELLI RG. 1979. Clima. Pp. 45-138, *en*: Geografía física de la provincia de Córdoba (JB Vázquez, RA Miatello y ME Roqué, dirs.). Editorial Boldt, Buenos Aires.
- CAPITANELLI RG. 1988. Los ambientes naturales del territorio argentino, primera parte. Pp. 71-143, *en*: La Argentina: geografía general y los marcos regionales (JA Roccatagliata, coord.). Editorial Planeta, Buenos Aires.
- CASTILLA MC, JJ MARTÍNEZ y MM DÍAZ. 2010. Mammalia, Chiroptera, Molossidae, *Molossops temminckii* (Burmeister 1854) and *Vespertilionidae*, *Eptesicus furinalis* (d'Orbigny and Gervais 1847): New locality record and distribution extension in Córdoba Province, Argentina. *Check List* 6:549-551.
- CRESPO JA, JM VANILLA, BM BLOOD y JM DE CARLO. 1961. Observaciones ecológicas del vampiro *Desmodus rotundus* (Geoffroy) en el norte de Córdoba. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" e Instituto Nacional de Investigaciones de las Ciencias Naturales*, Buenos Aires 4:131-160.
- DÍAZ MM, DA FLORES y RM BARQUEZ. 1998. Instrucciones para la preparación y conservación de mamíferos. Publicaciones Especiales N° 1, PIDBA (Programa de Investigaciones de Biodiversidad Argentina).
- DUMONT ER. 1999. The effect of food hardness on feeding behaviour in frugivorous bats (Phyllostomidae): An experimental study. *Journal of Zoology London* 248:219-229.
- FINDLEY JS. 1993. *Bats: A community perspective*. Cambridge University Press, Cambridge, Massachusetts.
- FLEMING TH. 1986. The structure of Neotropical bat communities: a preliminary analysis. *Revista Chilena de Historia Natural* 59:135-150.
- FREEMAN PW. 2000. Macroevolution in Microchiroptera: recoupling morphology and ecology with phylogeny. *Evolutionary Ecology Research* 2:317-335.
- GALARZA MI y LF AGUIRRE. 2007. Conservación de los murciélagos de Bolivia. Pp 89-138, *en*: Historia natural, distribución y conservación de los murciélagos de Bolivia (LF Aguirre, ed.). Centro de Ecología y Difusión Simón I. Patiño, Santa Cruz.
- GRAHAM GL. 1983. Changes in bat species diversity along an elevational gradient up the Peruvian Andes. *Journal of Mammalogy* 64:559-571.
- GUTIÉRREZ M. 1996. Quirópteros de la provincia de Córdoba (Argentina). Pp. 339-349, *en*: Biodiversidad de la provincia de Córdoba. Fauna. Vol. I (IE Di Tada y EH Bucher, eds.). Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba.
- HAWKINS BA et al. 2003. Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology* 84:3105-3117.
- HIJMANS RJ, SE CAMERON JL, PARRA PG JONES y A JARVIS. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965-1978.
- HUTCHISON GE. 1958. Concluding remarks. Populations studies: Animal ecology and demography. *Cold Spring Harbour. Symposia on Quantitative Biology* 22:415-427.
- HUTSON AM, SP MICKLEBURGH y PA RACEY (comp.). 2001. World list of Microchiroptera with IUCN Red List Categories of Threat and Distribution. IUCN/SSC Chiroptera Specialist Group 10-35.
- JABERG C y A GUISAN. 2001. Modelling the distribution of bats in relation to landscape structure in a temperate mountain environment. *Journal of Applied Ecology* 38:1169-1181.
- JONES KE. 2002. Chiroptera (Bats). *En*: Encyclopedia of Life Sciences. Macmillan Publishers Ltd., Nature Publishing Group.
- KALKA M. 2008. New reports for tropical bats. Demonstrating the value of insect-eating bats. *Bats* 26:1-3.
- LEIGHTON M y DR LEIGHTON. 1983. Vertebrate responses to fruiting seasonality within a Bornean rain forest. Pp. 181-195, *en*: Tropical rain forest: Ecology and management (SL Sutton, TC Withmore y AC Chadwick, eds.). Special Publication, N° 2. British Ecological Society. Blackwell Scientific Publication. Oxford.
- LIU C, PM BERRY, TP DAWSON y RG PEARSON. 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography* 28:385-393.
- LUTI R, MA BERTRÁN DE SOLIS, FM GALERA, NM FERREIRA, M BERZAL, M NORES, MA HERRERA y JC BARRERA. 1979. Vegetación. Pp. 297-368, *en*: Geografía física de la provincia de Córdoba (JB Vázquez, RA Miatello y ME Roqué, dirs.). Editorial Boldt, Buenos Aires.
- MILNE DJ, A FISHER y CR PAVEY. 2006. Models of the habitat associations and distributions of insectivorous bats of the top end of the northern territory, Australia. *Biological Conservation* 130:370-385.
- MILNE DJ, M ARMSTRONG, A FISHER, T FLORES y CR PAVEY. 2005. Structure and environmental relationships of insectivorous bat assemblages in Tropical Australian Savannas. *Austral Ecology* 30:906-919.

- MORANDO M y JJ POLOP. 1997. Annotated checklist of mammal species of Córdoba province, Argentina. *Mastozoología Neotropical* 4:129-136.
- PEARSON RG, CJ RAXWORTHY, M NAKAMURA y AT PETERSON. 2007. Predicting species distribution from small numbers of occurrence records: A test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34:102-117.
- PETERSON AT y A NYÁRI. 2007. Ecological niche conservatism and Pleistocene refugia in the Thrush-like Mourner, *Schiffornis* sp., in the Neotropics. *Evolution* 62:173-183.
- PHILLIPS SJ, RP ANDERSON y RE SCHAPIRE. 2006. Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231-259.
- POTTS, MD. 2003. Drought in Bornean everwet rain forest. *Journal of Ecology* 91:467-474.
- REEDER DM, MH KRISTOFER y DE WILSON. 2007. Global trends and biases in new mammal species discoveries. *Occasional Papers, Museum of Texas Tech University* 269:1-35.
- RHABEK C. 1995. The elevation gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography* 18:200-205.
- SANBORN CC y JA CRESPO. 1957. El murciélago blanquizo (*Lasiurus cinereus*) y sus subespecies. *Boletín del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"* e Instituto Nacional de Investigaciones de las Ciencias Naturales, Buenos Aires 4:1-13.
- SATTLER T, F BONTADINA, AH HIRZEL y R ARLETTAZ. 2007. Ecological niche modelling of two cryptic bat species calls for a reassessment of their conservation status. *Journal of Applied Ecology* 44:1188-1199.
- SIMMONS NB. 2005. Orden Chiroptera. Pp. 312-529, *en: Mammal species of the world: A taxonomic and geographic reference* (DE Wilson y DM Reeder, eds.). Vol. 1. Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland.
- SIMMONS NB y TM CONWAY. 2003. Evolution of ecological diversity in bats. Pp.493-535, *en: Bat ecology* (TH Kunz y MB Fenton, eds.). The University of Chicago Press, Chicago.
- TIRANTI PAZ SI y MP TORREZ MARTINEZ. 1998. Observations on bats of Córdoba and La Pampa provinces, Argentina. *Occasional Papers, Museum of Texas Tech University* 175:1-13.
- TORRES R y 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.
- VILLA R y C VILLA. 1971. Observaciones acerca de algunos murciélagos del norte de Argentina, especialmente de la biología del vampiro *Desmodus rotundus*. *Anales del Instituto de Biología, México, Serie Zoología* 1:107-148.
- WAINBERG RL y NL DE ROSA. 1966. Sexual chromatin in South American bats. Its study and its possible phylogenetic importance. *Acta Fisiológica Latinoamericana* 16:257-265.
- WILLIG MR, DM KAUFMAN y RD STEVENS. 2003. Latitudinal gradients of biodiversity: Pattern, process, scale, and synthesis. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematic* 34:273-309.
- WOLDA, H. 1998. Seasonality and the community. Pp. 69-95, *en: The organization of the communities* (JH Gee y PS Giller, eds.). Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- YOST AC, SL PETERSEN, M GREGG y R MILLER. 2008. Predictive modelling and mapping sage grouse (*Centrocercus urophasianus*) nesting habitat using Maximum Entropy and a long-term dataset from Southern Oregon. *Ecological Informatics* 3:375-386.

## APÉNDICE 1

Registros nuevos de presencia de especies de murciélagos en la provincia de Córdoba. Para cada uno se brinda (según disponibilidad) especie, número de localidades (entre paréntesis), nombre de localidad (orden alfabético), nombre del departamento, coordenadas geográficas, fecha, colector y característica del dato (OI = observación indirecta, C = colectado, L = liberado) y colección y número del ejemplar (entre paréntesis). Abreviaturas de bases de datos y colecciones: CML (Colección Mamíferos Lillo, Tucumán), GBIF (Global Biodiversity Information Facility), IAC (Instituto Antirrábico de Córdoba), MLP (Museo de La Plata), MACN (Museo Argentino de Ciencias Naturales, Buenos Aires), MVZ (Museum of Vertebrate Zoology, Berkeley), MZUC (Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Córdoba), UNRC (Universidad Nacional de Río Cuarto).

*Desmodus rotundus* (12).— Aguas de Ramón, Minas, 30°47'59.44"S, 65°21'59.82"O, 6 Septiembre 2008, C. Castilla, OI; Cerro Colorado, Tulumba, 30°05'23.19"S, 63°56'0.12"O, 28 Marzo 2010, C. Castilla, OI; Charquina, Minas, 31°02'31.23"S, 65°25'4.23"O, 2000, R Torres, OI; Cuchiyaco (Mina), Pocho, 31°18'57.56"S, 65°08'9.90"O, 2 Mayo 2009, V. Damino y C. Castilla, OI; Ea. Characato, Characato, Punilla, 31°06'46.69"S, 64°45'8.06"O, 20 Mayo 2010, V. Damino y C. Castilla, OI; Guanaco Muerto, Cruz del Eje, 30°29'25.19"S, 65°02'59.59"O, 10 Abril 2009, C. Castilla, OI; La Unión de Los Ríos-Alpa Corral, Río Cuarto, 32°38'45.19"S, 64°45'56.38"O, 18 Abril 2010, V. Damino y C. Castilla, OI; Laguna Brava-Río Yúspe-Cosquín, Punilla, 31°14'2.07"S, 64°33'51.32"O, 2010, V. Damino y C. Castilla, OI; Media Naranja, Cruz del Eje, 30°38'43.49"S, 64°55'40.62"O, Diciembre 2008, C. Castilla, OI; Río Tercero, Tercero Arriba, 32°11'S, 64°06'O, 2003 (IAC 58); Río Yúspe, Punilla, 31°15'13.52"S, 64°34'59.56"O, 26 Septiembre 2009, C. Castilla, OI; Villa Candelaria, Sobremonte, 29°56'32.03"S, 63°34'29.98"O. 11 Octubre 2008, C. Castilla, OI.

*Eptesicus furinalis* (2).— La Para, Río Primero, 33°50'54.40"S, 62°54'42.60"O, 15 Mayo 2008 (MZUC I00426); Villa Walcarde, Colón, 31°22'S, 64°15'21.63"O (GBIF-MVZ).

*Histiotus macrotus* (1).— Copina, Punilla, 31°34'38.00"S, 64°40'26.15"O, Febrero 1994, B.R. Ferradas (MZUC I00421, I00422).

*Histiotus montanus* (5).— Capilla del Monte, Punilla, 30°51'20.62"S, 64°31'28.97"O, 14 Enero 1996, C. Gallari (MLP 11.II.99.5); Caverna "El Sauce"-Pampa de Olaen-La Falda, Punilla, 31°05'46.26"S, 64°34'32.45"O, 27 Enero 2009, C. Castilla, L; Complejo turístico "El Peñón del Indio"-Valle Hermoso, Punilla, 31°06'41.67"S, 64°29'36.40"O, 15 Enero 2010, V. Damino y C. Castilla, L; La Unión de Los Ríos-Alpa Corral, Río Cuarto, 32°38'45.19"S, 64°45'56.38"O, 18 Abril 2010, V. Damino y C. Castilla, L; San Esteban, Punilla, 30°54'S, 64°31'O, Julio 1987, Tomsic (CML 2538).

*Lasiurus cinereus* (1). — Río Ceballos, Colón, 31°11'S, 64°20"O, 11 Julio 1993 (MLP 16.V.01.6).

*Lasiurus blossevillii* (5). — Biale Massé, Punilla, 31°18'S, 64°28"O, 29 Agosto 1985, (UNRC M53); Copina, Pampa de Achala, Punilla, 31°34'S, 64°40"O, 1 Junio 1996, J. Feijó (MZUC I00404); Dique la Quebrada, Colón, 31°08'53.41"S, 64°20'39.60"O, 23 Mayo 1994, B. Kuffner (MZUC I00403); Ea. El Rosario, La Cumbre, Punilla, 30°59'42.32"S, 64°27'39.04"O, 24 Octubre 2009, M Rumbol (MZUC I00427); Río Cuarto, Río Cuarto, 33°08'S, 64°18'O, 3 Enero 2001, C. Ferreira Pinto y P. Cuello (MLP 31.XII.02.44).

*Myotis dinellii* (11).— a 5 km de Cura Brochero, Valle de Traslasierras, San Alberto, 31°41'S, 65° 4'O, Agosto 1998, H. López (MLP 24.VII.98.5); Anisacate, Santa María, 31°42'S, 64°24"O, Febrero 1966, (MLP 2.XI. 98.4); Bosque Alegre, a 8 km al NE de Villa Cura Brochero, San Alberto, 31°38'S, 64°59'O, Febrero 2002, López-Llach (MLP 19.XII.02.4) ; Guanaco Muerto, Cruz del Eje, 30°29'25.19"S, 65°02'59.59"O, 10 Abril 2009, C. Castilla (MZUC I00428) ; Caverna "El Sauce", Pampa de Olaen, La Falda, Punilla, 31° 5'46.26"S, 64°34'32.45"O, 5 Octubre 2008, E. Lipps (MZUC I00429); La Unión de Los Ríos-Alpa Corral, Río Cuarto, 32°38'45.19"S, 64°45'56.38"O, 18 Abril 2010, C. Castilla (MZUC I00435); Mina Oro Griego, Cruz del Eje, 31°02'25.79"S, 64°49'32.96"O, 20 Mayo 2010, V. Damino y C. Castilla, L; Salsacate (Iglesia), Pocho, 31°19'5.12"S, 65°05'20.38"O, 1 Mayo 2009, V. Damino y C. Castilla, L; Sampacho, Río Cuarto, 33°23'S, 64°43"O, 27 Enero 2001, C. Ferreira Pinto y P. Cuello (MLP 31.XII.02.64, 31.XII.02.65, 31.XII.02.66); Villa Warcalde, Colón, 31°22'S, 64°15"O (GBIF-MVZ), Río Cuarto, Río Cuarto, 33°07'S, 64°20"O, 17 de Enero 2002, C. Ferreira Pinto y P. Cuello (MLP 31.XII.02.45, 31.XII.02.46).

*Eumops perotis* (1).— La Calera, Colon, 31°23'49.20"S, 64°27'36.00"O, 9 Diciembre 1974 (MZUC I00430).

*Molossus molossus* (2).— Cosquín, Punilla, 31°14'31.66"S, 64°27'45.58"O, 25 Enero 2009, C. Castilla, L; Miramar, San Justo, 30°56'48.54"S, 62°42'47.01"O, 4 Abril 2010, C. Castilla (MZUC I00432).

*Molossops temminckii* (1).— La Para, Río Primero, 30°50'54.4"S, 62°54'42,6"O, 15 Mayo 2008, C. Castilla (MZUC I00431).

*Promops nasutus* (1).— Villa Allende, Colón, 31°18'S, 64°17"O, G. Haro (MZUC I00433).

*Tadarida brasiliensis* (8).— Carlos Paz, Punilla, 31°25'42.67"S, 64°30'37.65"O, 26 de Diciembre 1978, S. Porcigni (MZUC I00434); Cerro Colorado, Tulumba, 30°5'23.19"S, 63°56'0.12"O, 28 Marzo 2010, C. Castilla, L; Copina, Punilla, 31°34'S,

64°40'O, 15 Julio 1994, J. Feijoo (MZUC I00401, I00402); Los Hoyos, Río Seco, 29°49'S, 63°38'O, 27 Noviembre 1957, Crespo (GBIF-MACN 13.239 13240-Ma); Río Cuarto, Río Cuarto, 33°07'18.12"S, 64°20'48.12"O, 1 Mayo 1994 (UNRC M8) y 17 Enero 2002, C. Ferreira Pinto y P Cuello (MLP 31.XII.02.47, 31.XII.02.48, 31.XII.02.49, 31.XII.02.50, 31.XII.02.51, 31.XII.02.52, 31.XII.02.53, 31.XII.02.54, 31.XII.02.55, 31.XII.02.56); Rivera Indarte, Colón, 31°19'9.84"S, 64°18'49.32"O, 31 Marzo 1961 (GBIF-MACN 13.808); Sampacho, Río Cuarto, 33°23'S, 64°43'O, 30 y 31 Enero 2004 (GBIF-MACN 22.206, 22.209, 22.893, 22.895, 22.896, 22.938 a 22.944, 22.967, 22.968, 22.210, 22.900 a 22.910, 22.945, 22.970 a 22.972); Yacanto, San Javier, 32°02'S, 65°03'O, 1937 (GBIF-MACN 37.198, 37.199 y 37.202).

## **MATERIAL SUPLEMENTARIO (ONLINE)**

### **APÉNDICE 2**

Mapas de distribución potencial para cada especie de quiróptero de la provincia de Córdoba.

### **APÉNDICE 3**

Ganancia de entrenamiento total para algunas especies de quirópteros modeladas de la provincia de Córdoba.

### **APÉNDICE 4**

Curvas de respuesta de la probabilidad de presencia a diversas variables ambientales en algunas especies de quirópteros de la provincia de Córdoba.