

Distribución geográfica potencial de la rana arborícola *Phyllomedusa tetraploidea* Pombal & Haddad, 1992 en Paraguay

Potential geographical distribution of the tree frog *Phyllomedusa tetraploidea* Pombal & Haddad, 1992 in Paraguay

Marcela Ferreira - Riveros^{1*}, Fernando Silla² & Francisco Brusquetti¹

¹Instituto de Investigación Biológica del Paraguay. Del Escudo 1607. Asunción, Paraguay.

²Universidad de Salamanca, Facultad de Biología, Área de Ecología.

*autor de correspondencia: mavef30@gmail.com

Resumen: Utilizando como herramienta el modelado de nicho ecológico (MNE), en este trabajo buscamos estimar la distribución geográfica potencial de *Phyllomedusa tetraploidea* en Paraguay. Se utilizaron datos de ocurrencia de la especie y capas climáticas extraídas de la base de datos de WorldClim, los modelos fueron generados utilizando el programa Maxent. Nuestros resultados identificaron nuevas regiones de idoneidad donde la especie podría estar presente, principalmente en el este del país, parte de ellas incluidas en un total de diez áreas protegidas del Paraguay.

Palabras clave: Maxent, anuros, cambio climático.

Abstract: Using as tool the *ecological niche modeling* technique (ENM), in this work we look for to estimate the potential geographic distribution of *Phyllomedusa tetraploidea* in Paraguay. We used occurrence data of the species and climatic layers extracted from the WorldClim database. The models were generated using the Maxent program. Our results identified new regions of suitability which the species could be present, mainly in the east of the country, part of them included overall of ten protected areas of Paraguay.

Keywords: Maxent, anurans, climate change.

Introducción

Uno de los marcos conceptuales propuestos para poder explicar cómo los organismos se distribuyen en el espacio geográfico es el Diagrama de BAM (Soberón & Peterson, 2005). Según éste, la distribución de un organismo es función de las condiciones ambientales que permiten la permanencia de una especie en una determinada región geográfica (A); las interacciones bióticas que deben resultar favorables para la misma especie en dicha área (B) y la capacidad de dispersión del mismo organismo hacia otras zonas que potencialmente podrían ser ocupadas (M).

En este contexto, una de las técnicas más utilizadas para estudiar la distribución de las especies en el espacio geográfico es el Modelado de Nicho Ecológico (ENM, *Ecological Niche Model*). Esencialmente esta técnica correlaciona datos de presencia y/o ausencia de la especie en cuestión con capas ambientales para realizar estimaciones de la distri-

bución potencial (Franklin, 2010) y viene siendo muy utilizada ya que permite responder preguntas más amplias dentro del campo de la biogeografía (Peterson et al., 2008).

Phyllomedusa tetraploidea Pombal & Haddad, 1992 es una especie de rana arborícola ampliamente distribuida en el Bosque Atlántico (BA) (Pombal & Haddad, 1992), habiendo sido registrada en el sudeste y sur de Brasil, en el Estado de São Paulo (SP), oeste de Santa Catarina (SC), Paraná (PR) y norte de Río Grande do Sul (RS), así como en la Provincia de Misiones (MI) en Argentina (Borteiro et al., 2014; Fish & Port, 2013; Frost, 2018; Iop et al., 2011; Marques Dias et al., 2013). Hasta el momento su distribución en Paraguay se restringe al departamento de Itapúa (IT), con solo dos registros para la especie, ambos localizados dentro del municipio de Alto Verá (Brusquetti y Lavilla, 2006) y muy cercanos entre sí (Fig. 1).

A nivel ecorregional, siguiendo a Morrone

Recibido: 29/04/2019 Aceptado: 17/09/2019



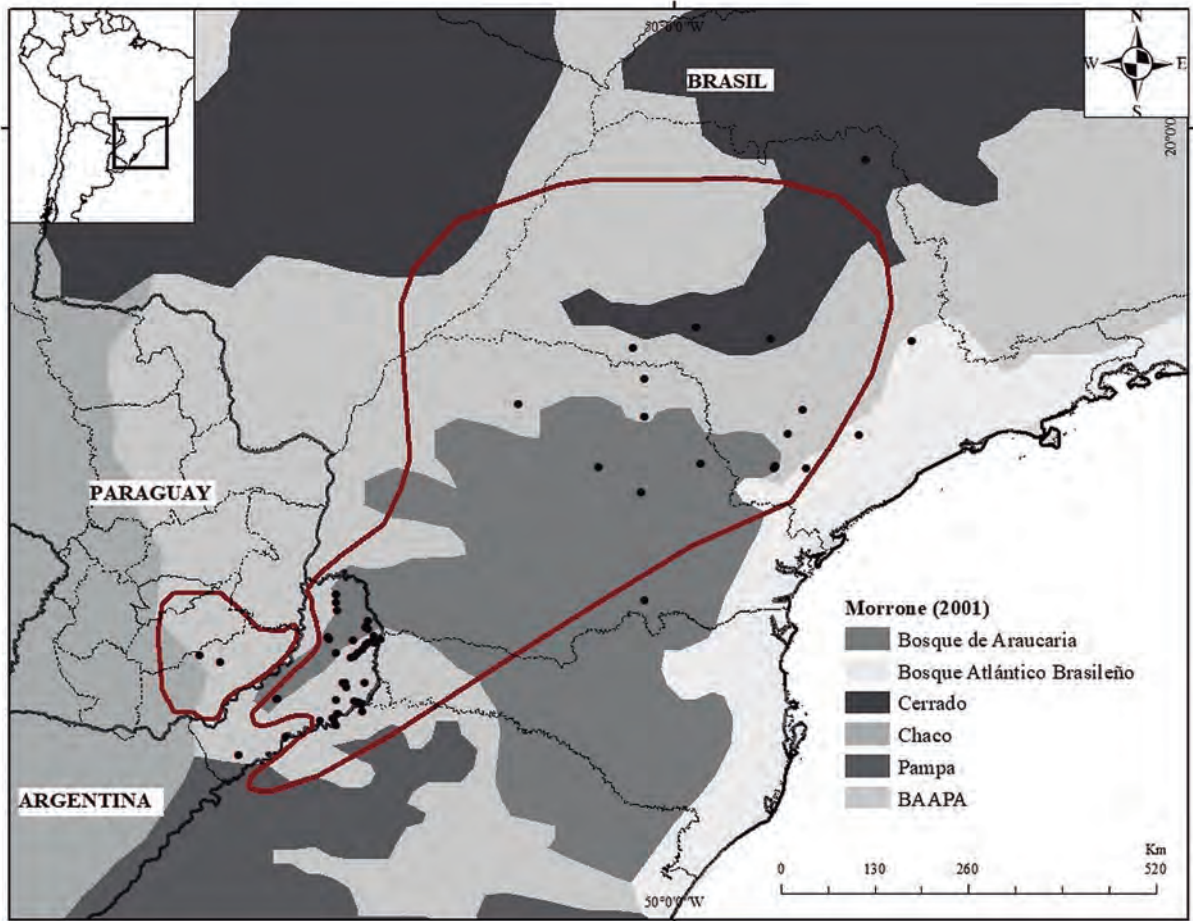


Figura 1. Mapa que muestra la distribución actual de *Phyllomedusa tetraploidea* en Sudamérica. La distribución ecorregional sigue a Morrone (2001). Los puntos hacen referencia a las localidades obtenidas a partir de la revisión de ejemplares depositados en colecciones herpetológicas y datos de la literatura (ver Materiales y Métodos). El área alrededor corresponde a distribución de la especie de acuerdo con polígonos de la IUCN (2014).

(2001), su distribución se extiende en el Bosque Atlántico Brasileño (BA) situado en la costa de Brasil, Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA) y los Bosques de Araucaria (Fig. 1). A pesar de que se han observado individuos dentro de ambientes alterados (Oda et al., 2016), *P. tetraploidea* es una especie principalmente asociada a remanentes forestales dentro del BA (Brassalotti et al., 2010).

En cuanto a su estado de conservación, si bien esta especie ha sido categorizada como preocupación menor (LC) por la IUCN (Kwet et al., 2004) y como no amenazada en Argentina (Baldo & Marangoni, 2012), en Paraguay, Motte et al. (2009) consideraron a esta especie como vulnerable (VU)

debido principalmente a que su distribución dentro del país hasta el momento se restringe a una de las ecorregiones más amenazadas del país y al escaso número de registros.

Teniendo en cuenta el grado de amenaza dentro del país en el cual se encuentra esta especie, en este trabajo se estimó el área de distribución potencial total con el fin de identificar regiones de idoneidad climática dentro del Paraguay, es decir, áreas que cumplirían con los requerimientos ambientales favorables para la presencia de *P. tetraploidea*, así como que áreas protegidas contendrían dichas áreas. Estos datos facilitarán la búsqueda de poblaciones hasta ahora desconocidas y la identificación de áreas

que podrían ser prioritarias para la conservación de esta especie dentro del país.

Materiales y métodos

Datos de presencia de *Phyllomedusa tetraploidea*

Para generar los modelos solo incluimos datos de distribución de ejemplares que hemos tenido la oportunidad de confirmar su identidad taxonómica. La confirmación de la identidad taxonómica de cada individuo se realizó teniendo en cuenta la descripción original de la especie. No se incluyeron registros disponibles en bases de datos de libre acceso (e.g. GBIF, SpeciesLink) debido a que éstas pueden contener incertezas taxonómicas y localidades dudosas (Aubry et al., 2017).

Los ejemplares revisados se encuentran depositados en las siguientes colecciones biológicas de Argentina, Brasil y Paraguay: Instituto de Investigación Biológica del Paraguay (IIBP-H), Asunción, Paraguay; Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay (MNHNP), San Lorenzo, Paraguay; Laboratorio de Genética Evolutiva (LGE), Instituto de Biología Subtropical, Misiones, Argentina y Coleção Célio F. B. Haddad (CFBH), Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Río Claro, São Paulo, Brasil. Además, fueron incluidas en nuestra matriz de datos los registros de Brunet et al. (2010) y Gruber et al. (2013) que si bien los ejemplares no fueron revisados cuentan con datos moleculares y genéticos que confirman la identidad de los mismos.

Debido a que el sesgo de muestreo puede llevar a una reducción en la precisión de los modelos resultantes (Hijmans, 2012; Naimi et al., 2011) fueron eliminados aquellos datos que se hallaban a una distancia de 0.1° evitando así el sesgo y la autocorrelación espacial utilizando la función “DistanceFilter” en R versión 3.4.3 (R Development Core Team 2017) usando el paquete “ENMGadgets” (Barve & Barve, 2016) (Tabla 1).

Construcción de los modelos de distribución potencial

Consideramos la región a modelar a aquella región geográficamente accesible para la especie a través

de mecanismos de dispersión y en períodos de tiempo relevantes (Soberón & Peterson, 2005); ésta fue definida a partir de las localidades de aquellos ejemplares que fueron revisados y los registros obtenidos en la literatura (Affonso et al., 2014; Araújo et al., 2011; Batista & Bastos, 2014; Brassalotti et al., 2010; Borteiro et al., 2014; Conte & Rossa-Feres, 2006; Faivovich et al., 2005; Fish & Port, 2013; Langone & Carrizo, 1996; Lajmanovic & Faivovich, 1998; Leivas et al., 2018; Lescano et al., 2013; López & Nazer, 2009; Machado et al., 1999; Maffei et al., 2015; Maffei et al., 2011; Manzano et al., 2009; Marques Dias et al., 2013; Pombal & Haddad, 2005). Sobre todas las ecorregiones donde la especie fue registrada se aplicó un buffer de 0.1° siguiendo a Medina et al. (2016).

Fueron utilizadas variables climáticas extraídas de la base de datos WorldClim (disponibles en: <http://worldclim.org>) que derivan de valores asociados a la temperatura y precipitación (Hijmans et al., 2005), estas variables son factores capaces de condicionar la ocurrencia y abundancia de anfibios (Heyer et al., 1994), por lo que resultan apropiadas para modelar la distribución potencial de esta especie. Se proyectó la distribución potencial utilizando la versión 2.0 que contiene datos climáticos promedio entre los años 1970 y 2000 (Fick & Hijmans, 2017).

Se realizó un análisis de clúster a fin de evitar la autocorrelación entre variables ambientales utilizando el paquete “HH” (Heibergr & Holland, 2015) en el software R. De cada clúster con correlación mayor a 0.7 se seleccionó solo una variable en base a su sentido biológico. Luego se calculó la relación entre las variables seleccionadas a través del Factor de Inflación de la Varianza (VIF), VIF>10 fueron excluidos de los modelos (Zuur et al., 2010).

Teniendo en cuenta la baja multicolinealidad y significancia ecológica para los anuros, fueron seleccionadas las siguientes variables: rango medio diurno (BIO2), temperatura máxima del mes más cálido (BIO5), temperatura media del trimestre más seco (BIO9), precipitación del mes más húmedo (BIO13), precipitación del mes más seco (BIO14), precipitación del trimestre más caluroso (BIO18) y

Tabla 1 (inicio). Localidades de ocurrencia de *Phyllomedusa tetraploidea* utilizados para la construcción de los ENM en base a los ejemplares analizados y registros obtenidos en la literatura.

Colección	País	Localidad
MNHNP 9003, 9004	Paraguay	Estancia Cuatro Puentes, Arroyo Canguery, 50 km NNO de Pirapó. Alto Verá.
IIBP-H 1186	Paraguay	Distrito Alto Verá, Yataí. (FP). Alto Verá.
LGE 11369	Argentina	Santa María, Cerro Mártires. Concepción.
LGE 17064	Argentina	Colonia Villa Bonita. 25 de Mayo.
LGE 11361	Argentina	Puerto Lontero, Arroyo Los Muertos y Ruta Provincial N° 2. 25 de Mayo.
LGE 11364	Argentina	Ruta Provincial N° 2 a 9 kilómetros de El Soberbio. Guaraní.
LGE 11358	Argentina	El Soberbio. Guaraní.
LGE 11362	Argentina	Parque Provincial Moconá. San Pedro.
LGE 4870	Argentina	Refugio Moconá, proximidades del Parque Provincial Moconá. San Pedro.
LGE 12375	Argentina	Parque Provincial Mocona, Ruta Provincial N° 21 a 3.3 kilómetros de la Ruta Provincial N° 2. San Pedro.
LGE 00228	Argentina	Ruta Provincial N° 7, proximidades del Balneario del Arroyo Cuña Pirú. Cainguás.
LGE 11370	Argentina	Aristobulo del Valle, Balneario del Arroyo Cuña Pirú, Arroyo Cuña Pirú Chico. Cainguás.
LGE 12381, 1283, 1286	Argentina	Reserva de Biosfera Yabotí, Ruta Provincial N° 21. San Pedro.
LGE 11377	Argentina	Parque Provincial Esmeralda. San Pedro.
LGE 1612	Argentina	San Pedro
LGE 4429	Argentina	Ruta Nacional N° 14, Proximidad San Pedro. San Pedro.
LGE 7749	Argentina	Ruta Nacional 14, entre Tobuna y Piñalito. San Pedro.
LGE 00252	Argentina	Ruta Nacional N° 14, proximidades de Tobuna. San Pedro.
LGE 1705, 11357	Argentina	Parque Provincial Piñalito
LGE 07495	Argentina	Parque Provincial El Piñalito, Ruta Nacional N° 14. San Pedro.
LGE 4838	Argentina	Lote J19, 10 kilómetros al norte de Dos Hermanas. General Manuel Belgrano.
LGE 00241	Argentina	Ruta Nacional N° 14, 4 kilómetros al norte de Piñalito Sur. San Pedro.
LGE 4404	Argentina	Estancia Macaca, 9 kilómetros al sur de Dos Hermanas. General Manuel Belgrano.
LGE 4423	Argentina	Estancia Macaca, 9 kilómetros al sur de Dos Hermanas. General Manuel Belgrano.
LGE 7181	Argentina	Santiago de Liniers, Reserva Natural La Emilia, Establecimiento Don Guillermo. Eldorado
LGE 11356	Argentina	Colonia Victoria, Reserva Privada Julián Francisco Freaza, a 100 metros del Arroyo 3 Vueltas. San Pedro.
LGE 00272	Argentina	Ruta Nacional N° 14 a 8 kilómetros de Ruta Provincial N° 17. San Pedro.
LGE 7176, 7180, 7031	Argentina	Santiago de Liniers, Reserva Natural La Emilia, Establecimiento Don Guillermo. Eldorado

Tabla 1 (final). Localidades de ocurrencia de *Phyllomedusa tetraploidea* utilizados para la construcción de los ENM en base a los ejemplares analizados y registros obtenidos en la literatura.

Colección	País	Localidad
LGE 07601	Argentina	Bernardo de Irigoyen, Ruta Nacional N° 14, a 1.5 kilómetros del cruce Ruta Provincial N° 17
LGE 03915, 03962	Argentina	Lote J19, 10 kilómetros al norte de Dos Hermanas. General Manuel Belgrano.
LGE 02293	Argentina	Tajamar proximidad Leiten. General Manuel Belgrano.
LGE 05083	Argentina	4 km proximidad Campo Arminda. General Manuel Belgrano.
LGE 11384	Argentina	Parque Provincial Uruguái, Ruta Provincial N° 19, 5 kilómetros al sur de Arroyo Uruzú. Iguazú.
LGE 2406	Argentina	Arroyo Tateto. General Manuel Belgrano
LGE 2246	Argentina	Deseado, Proximidad Andresito. General Manuel Belgrano.
CFBH 2126	Brasil	Fazenda São Luiz (Mathedi). Ribeirão Branco
CFBH 3866	Brasil	Chapecó.
CFBH 5665	Brasil	Unidade de Conservação da AHE- Quebra Queixo. São Domingos.
CFBH 6949	Brasil	Piratuba.
CFBH 8335	Brasil	Pilar do Sul.
CFBH 10107	Brasil	Faculdades Reunidas Luiz Meneghel. Bandeirantes.
CFBH 17194	Brasil	Fazenda Cesumar, Maringá.
CFBH 18251	Brasil	Estrada para Nova Concórdia. Cruz Machado.
CFBH 18829	Brasil	Estação Ecológica de Assis. Assis.
CFBH 2102	Brasil	Parque Estadual do Cerrado e proximidades. Jaguariaíva.
CFBH 24713	Brasil	Brejo no entorno do Salto "Puxa Nervos". Tibagi.
CFBH 21891	Brasil	Estrada do Centro Novo; Lagoa 1. Derrubadas.
CFBH 23158	Brasil	Fazenda Três Lagoas. Angatuba.
CFBH 33314	Brasil	Fazenda Intermontes. Ribeirão Grande.
CFBH 35010	Brasil	Faz Holambra II. Parapanema
CFBH 36212	Brasil	Fazenda Rio Claro. Lencóis Paulista
CFBH 36247	Brasil	Fazenda Intermontes. Ribeirão Grande
CFBH 37759	Brasil	Petrobras. São Mateus do Sul
CFBH 38398	Brasil	Estação Ecológica de Assis. Assis.
CFBH 33407	Brasil	Estação Ecológica de Caetetus. Galia.
	Brasil	Buri (Brunes et al., 2014).
	Brasil	Ortigueira (Brunes et al. 2014).
	Brasil	Itapetininga (Gruber et al., 2013).

precipitación del trimestre más frío (BIO19).

La distribución potencial fue estimada utilizando el software Maxent 3.4.0. (Phillips et al., 2006), que estima la relación entre presencia y las variables ambientales en un área geográfica en particular y genera modelos de idoneidad ambiental para la presencia de un organismo dado (Zank et al., 2014). Los modelos generados representan una estimación de la probabilidad de máxima entropía sujeta a una serie de restricciones representada por la información incompleta de la distribución objetivo. Esta probabilidad varía de 0 a 1, donde 0 representa la posibilidad de que la especie no se encuentre en la región y 1 es la probabilidad más alta de ocurrencia (Phillips et al., 2006).

Fueron realizadas 10 replicaciones por *bootstrap* y se utilizaron las salidas crudas (*raw output*) (Merow et al., 2013). El 70% de los datos de ocurrencia fueron utilizados para la calibración y el 30% restante para la evaluación, el resto de los parámetros se mantuvieron con los valores por defecto.

La evaluación de los modelos fue realizada a través del área ROC (*Receiver Operating Characteristic*) parcial bajo la curva (AUC) que, a pesar de sus críticas, es aún muy utilizada (Lobo et al., 2008). El AUC se interpreta como la probabilidad de que un punto de presencia seleccionado aleatoriamente tenga una clasificación más alta que un punto generado al azar discriminando aquellos sitios donde una especie puede estar presente (Lobo et al., 2008; Merow et al., 2013). Siguiendo a Araújo & Guisan (2006) se categorizaron los modelos dependiendo de sus valores de AUC de la siguiente manera: $1 > AUC > 0.9$ son considerados excelentes, $0.9 > AUC > 0.80$ son considerados como buenos, $0.8 > AUC > 0.7$ son modelos aceptables y < 0.7 son

modelos malos.

La sensibilidad de los modelos fue estimada a través de los valores de umbral (*threshold*), esto es la probabilidad de que la especie pueda ocurrir en una celda específica, aquellos sitios que tienen valores superiores al umbral tienen condiciones apropiadas para la persistencia de la especie (Liu et al., 2005). La transformación en mapas binarios se realizó aplicando el valor mínimo recomendado por Anderson et al. (2003) y Peterson et al. (2008) minimizando así la tasa de comisión, es decir, define que el 95% de las presencias observadas se predicen como tales (Allouche et al., 2006; Medina et al., 2016).

La identificación de áreas protegidas (AP) con regiones de idoneidad climática se realizó a partir de la superposición de los mapas binarios con las capas extraídas de la base de datos de la IUCN (disponible en: <https://www.protectedplanet.net>) (UNEP-WCMC, 2018). Todos los modelos obtenidos fueron proyectados utilizando el sistema WGS1984 con una resolución espacial de 5 x 5 km. El cálculo de la superficie del área de idoneidad climática fue realizado en el programa Qgis versión 2.18.14 (Quantum Gis Development Team 2014).

Resultados

El modelo resultante presentó un AUC de 0.9569 por lo que fue considerado como un modelo robusto, el umbral mínimo aplicado para la especie fue de 0.1144 (Tabla 2). La variable que mejor explicó la distribución de esta especie fue la precipitación del mes más seco (BIO 14). La extensión del área climáticamente idónea para esta especie tiene alrededor de 413.000 km² (Tabla 2).

En Paraguay estas áreas de idoneidad estarían

Tabla 2. Resultados obtenidos en la construcción del ENM. Área: extensión del área de idoneidad climática expresado en km². AUC: área bajo la curva, valores de AUC > 0.9 son considerados modelos excelentes (ver materiales y métodos). Umb_Min: valor de umbral mínimo aplicado. Contribución de las variables ambientales sobre los modelos: rango medio diario (BIO2), temperatura máxima del mes más cálido (BIO5), temperatura media del trimestre más seco (BIO9), precipitación del mes más húmedo (BIO13), precipitación del mes más seco (BIO14), precipitación del trimestre más caluroso (BIO18) y precipitación del trimestre más frío (BIO19).

Área (km ²)	AUC	Umb_Min	BIO2	BIO5	BIO9	BIO13	BIO14	BIO18	BIO19
413,429	0.96	0.1144	2.3	1.98	9.1	7.04	53.54	4.26	2.94

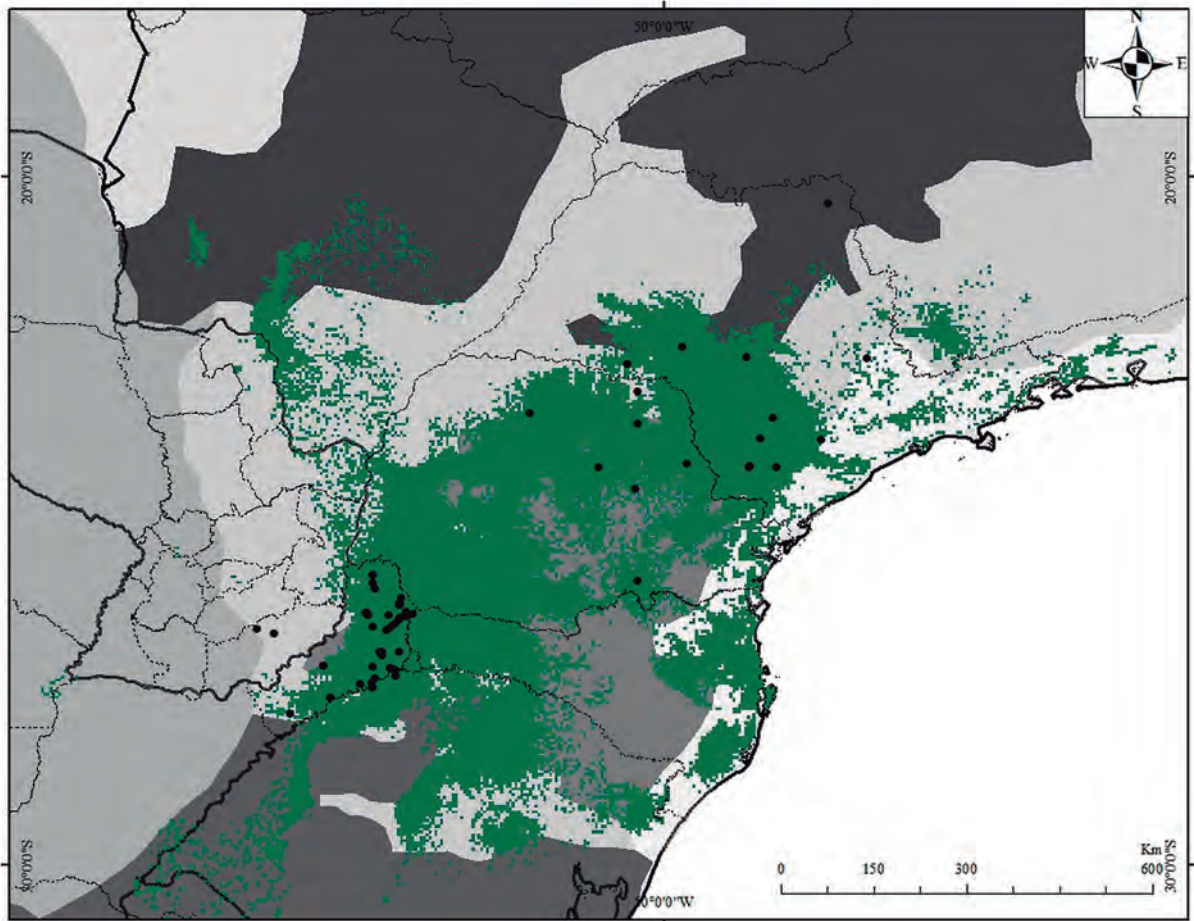


Figura 2. Distribución potencial de *Phyllomedusa tetraploidea*. Se observa el área de idoneidad climática actual (verde) de esta especie, la región gris son zonas que no poseen regiones de idoneidad climática actualmente.

situadas principalmente al este de los departamentos de Alto Paraná, Canindeyú y Amambay, en Itapúa se observan pequeñas regiones idóneas al sur, así como en Guairá y Cordillera, se registraron omisiones dentro del departamento de Itapúa (Fig. 2). Parte de las áreas idóneas para la presencia de *P. tetraploidea* se encuentra dentro de un total de diez áreas silvestres protegidas, la mayoría de estas localizadas dentro del departamento de Alto Paraná (Tabla 3).

Discusión

En general el área de distribución potencial de *P. tetraploidea* es congruente con los registros de ocurrencia utilizados para la construcción de

los ENM (ver Tabla 1), no obstante, en Paraguay fueron identificadas nuevas áreas de idoneidad (Fig. 2). Por otra parte, el modelo no proyectó regiones de idoneidad en áreas coincidentes con los datos utilizados para construir los ENM, estas áreas corresponden a los registros al sur del departamento de Itapúa (Fig. 2). Estos errores de omisión podrían tener relación con el programa utilizado, ya que la probabilidad de que se identifiquen regiones de idoneidad climática disminuye a medida que los puntos están más lejanos entre sí (Lobo et al., 2010). La ausencia de regiones climáticamente favorables en tales áreas nos lleva a pensar que se trata de regiones situadas al límite de la distribución de *P. tetraploidea*, ya que hasta la fecha no se tiene evidencia de la presencia de esta especie en otras

Tabla 3. Áreas Protegidas con áreas de idoneidad climática para *Phyllomedusa tetraploidea* dentro de Paraguay y sus categorías de manejo. Los datos fueron extraídos de la base de datos de la IUCN (UNEP-WCMC, 2018).

Unidad de conservación	Ubicación política	Superficie (km ²)	Categoría de manejo
Reserva de Recursos Manejados Ybyturuzú	Guairá	240	VI
Reserva Natural Itabó	Alto Paraná	152.08	IV
Reserva Biológica Limo'y	Alto Paraná	148.28	IV
Parque Nacional Cerro Corá	Amambay	55.39	II
Refugio Biológico Tati Yupí	Alto Paraná	22.45	IV
Parque Nacional Ñacunday	Alto Paraná	20.04	II
Reserva Nacional Kury'i	Alto Paraná	20.02	No reportado
Refugio Biológico Mbaracayú	Alto Paraná	13.56	IV
Parque Nacioal Saltos del Guairá	Alto Paraná	9.02	II
Monumento Científico Moisés Bertoni	Alto Paraná	2	Ia

regiones del Paraguay.

Aunque en este trabajo no hemos utilizado capas de cobertura vegetal y a pesar de que se han registrado individuos en regiones con cierto grado de alteración antrópica (Fish & Port, 2013) no podemos dejar de lado que esta especie se halla estrechamente vinculada a regiones boscosas dentro del BAAPA (Kwet et al., 2004). El BAAPA se ve severamente amenazado por la actividad agrícola y la elevada tasa de deforestación principalmente asociada con la producción de soja (Da Ponte et al., 2017; F.V.S.A. & WWF, 2017; Placi & Di Bitetti, 2005). En Brasil, además de la expansión agrícola, la expansión urbana también está vinculada con la disminución de la superficie forestal (Lapola et al., 2014).

Pese a que la pérdida boscosa en el este del Paraguay ha sido devastadora (Da Ponte et al., 2017), la identificación de regiones de idoneidad climática en esta parte del país es esperanzadora para la conservación de esta especie, sobre todo teniendo en cuenta la existencia de varias unidades de conservación dentro de los departamentos de Alto Paraná, Amambay y Guairá (F.V.S.A. & WWF, 2017; SEAM, 2007; UNEP-WCMC, 2018). La mayoría de estas unidades están bajo manejo de la Itaipú Binacional, tal es el caso de la Reserva

Natural Itabó y la Reserva Biológica Limo'y, así también los Refugios Biológicos de Tati Yupí y Mbaracayú. Otras, como el Parque Nacional (PN) Cerro Corá, el PN de Ñacunday y la Reserva de Recursos Manejados de Ybyturuzú, que también contienen regiones de idoneidad climática, son de dominio público (SEAM, 2007; UNEP-WCMC, 2018).

En definitiva, el ENM es una herramienta útil para la identificación de regiones de idoneidad, no obstante, es importante tener en cuenta otros aspectos de la especie, como su historia evolutiva, su relación con las variables ambientales y la capacidad de tolerancia ambiental. En este trabajo hemos identificado regiones de idoneidad climática para *P. tetraploidea* dentro de Paraguay que podrían ser de suma importancia para la conservación de esta especie. Y si bien utilizamos solamente capas climáticas, éstas nos permiten tener una idea de donde podrían distribuirse potencialmente, por lo que es fundamental aplicar y fortalecer las medidas de conservación en dichas áreas, sobre todo teniendo en cuenta que en nuestro territorio la especie se encuentra amenazada.

Agradecimientos

A los curadores y técnicos de las colecciones her-

petológicas: Diego Baldo, Frederick Bauer, Nicolás Martínez, Katia Airaldi y Nadya Pupin.

Literatura citada

- Affonso, I. de P., Cafofo, E.G., Delariva, R.L., Oda, F. H., Karling, L. C., & Lourenço-De-Moraes, R. (2014). List of anurans (Amphibia: Anura) from the rural zone of the municipality of Maringá, Paraná state, southern Brazil. *Check List*, 10(4): 878–882. <https://doi.org/10.15560/10.4.878>
- Allouche, O., Tsoar, A., & Kadmon, R. (2006). Assessing the accuracy of species distribution models: Prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology*, 43(6): 1223–1232. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01214.x>
- Araújo, C.D.O., & Almeida-Santos, S.M. de. (2011). Herpetofauna de um remanescente de cerrado no estado de São Paulo, sudeste do Brasil Material e Métodos. *Biota Neotropica*, 11(3): 47-62. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032011000300003>
- Araújo, M.B. & Guisan, A. (2006). Five (or so) challenges for species' distribution modelling. *Journal of Biogeography*, 33: 1677–1688
- Aubry, K.B., Raley, C.M., Mckelvey, K.S., Miller, R., Melquist, W., & Jacobs, D. (2017). The importance of data quality for generating reliable distribution models for rare, elusive, and cryptic species. *PLoS One*, 12(6): e0179152. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179152>
- Baldo, D. & Marangoni, F. (2012). *Phyllomedusa tetraploidea* Pombal & Haddad, 1992. En: Categorización del Estado de Conservación de la Herpetofauna de la República Argentina. Ficha de los Taxones. Anfibios. *Cuadernos de Herpetología* 26 (Supl. 1): 199
- Barve N. & Barve V. (2016). *Package ENMGadgets: tools for pre and post processing in ENM workflow*. Disponible en: <https://github.com/narayanibarve/ENMGadgets>
- Batista, V.G., & Bastos, R.P. (2014). Anurans from a Cerrado-Atlantic Forest ecotone in Campos Gerais region, southern Brazil. *Check List*, 10 (3): 574–582. <https://doi.org/10.15560/10.3.574>
- Borteiro, C., Baldo, D., Saraiva Kunz, T., Perez, R., Petry Eltz, R., & Kolenc, F. (2014). Contracting behaviour in three species of Phyllomedusa (Anura: Hylidae: Phyllomedusinae). *Herpetology Notes*, 7(June): 393–395.
- Brassaloti, R.A., Rossa-Feres, D.C. & Bertoluci, J. (2010). Anuran fauna of the Semi-deciduous Forest of the Estação Ecológica dos Caetetus, Southeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 10(1): 275-292. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032010000100024>
- Brunes, T., Sequeira, F., Haddad, C. & Azevedo, J. (2010). Gene and species trees of a Neotropical group of treefrogs: Genetic diversification in the Brazilian Atlantic Forest and the origin of a polyploid species. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 57(3): 1120-1133. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2010.08.026>
- Brusquetti, F., & Lavilla, E.O. (2006). Lista comentada de los anfibios de Paraguay. *Cuaderno de Herpetología*, 20 (2): 3–79.
- Conte, C.E., & Rossa-Feres, D. de C. (2006). Diversidade e ocorrência temporal da anurofauna (Amphibia, Anura) em São José dos Pinhais, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(1): 162-175. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752006000100008>
- Da Ponte, E., Roch, M., Leinenkugel, P., Dech, S., & Kuenzer, C. (2017). Paraguay's Atlantic Forest cover loss – Satellite-based change detection and fragmentation analysis between 2003 and 2013. *Applied Geography*, 79: 37-49. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.12.005>
- Faivovich, J., Haddad, C.F.B., Baêta, D., Jungfer, K.H., Álvares, G.F.R., Brandão, R.A., Sheil, C., Barrientos, L., Barrio-Amorós, C.L., Cruz, C.A.G. & Wheeler, W.C. (2010). The phylogenetic of the charismatic poster frogs, Phyllomedusinae (Anura, Hylidae). *Cladistics*, 26(3): 227-261. <https://doi.org/10.1016/j.clad.2010.03.005>

- org/10.1111/j.1096-0031.2009.00287.x
- Faivovich, J., Haddad, C.F.B., Garcia, P.C.A., Frost, D.R., Campbell, J.A., & Wheeler, W.C. (2005). Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylinae: phylogenetic analysis and taxonomic revision. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 294(1): 1-240. [https://doi.org/10.1206/0003-0090\(2005\)294\[0001:SR OTFF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1206/0003-0090(2005)294[0001:SR OTFF]2.0.CO;2)
- Fick, S. & Hijmans, R. (2017). Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12): 4302-4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>.
- Fisch, F., & Port, D. (2013). Localidades de ocorrência de *Phyllomedusa tetraploidea* Pombal & Haddad, 1992 (Anura: Phyllomedusinae) e novo registro para Santa Catarina, Brasil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão (N. Sér)*, 32: 13-28.
- Franklin, J. (2010). *Mapping Species Distributions: spatial Inference and Prediction*. Cambridge: Cambridge University Press. 320 pp.
- Frost, D.R. (2018). *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.0. American Museum of Natural History, New York, USA (acceso: 28 de mayo de 2018). Disponible en: <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>.
- Fundación Vida Silvestre Argentina & WWF. (2017). *State of the Atlantic Forest: Three countries, 148 million people, one of the richest forest on earth*. Puerto Iguazú: Fundación Vida Silvestre Argentina, WWF-Brazil & WWF-Paraguay. 146 pp.
- Gruber, S.L., Silva, A.P.Z., Haddad, C.F.B., & Kasahara, S. (2013). Cytogenetic analysis of *Phyllomedusa distincta* Lutz, 1950 ($2n = 2x = 26$), *P. tetraploidea* Pombal and Haddad, 1992 ($2n = 4x = 52$), and their natural triploid hybrids ($2n = 3x = 39$) (Anura, Hylidae, Phyllomedusinae). *BMC Genetics*, 14: 75. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-14-75>
- Heiberger, R. M. & Holland, B. (2015). *Statistical Analysis and Data Display: An Intermediate Course with Examples in R*. Second Edition. Springer Texts in Statistics. Springer. ISBN 978-1-4939-2121-8. Disponible: <https://cran.r-project.org/web/packages/HH/HH.pdf>
- Heyer, W.R., M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.C. Hayek & Foster, M.S. (1994). *Measuring and monitoring biological diversity — Standard methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Hijmans, R.J. (2012). *Cross-validation of species distribution models: removing spatial sorting bias and calibration with a null model*. *Ecology*. 93(3): 679-88. <https://doi.org/10.1890/11-0826.1>
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, G., & Jarvis, A. (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>
- Iop, S., Caldart, V.M., Santos, T.G. & Cechin, S.Z. (2011). Anurans of Turvo State Park: testing the validity of Seasonal Forest as a new biome in Brazil. *Journal of Natural History*, 45(39-40): 2443–2461
- Kwet, A. Aquino, A. Faivovich, J. & Baldo, D. (2004). *Phyllomedusa tetraploidea*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T55865A11382400>
- Lajmanovich, R. & Faivovich, J. (1998). Dieta larval de *Phyllomedusa tetraploidea* Pombal & Haddad, 1992 en la provincia de Misiones (Argentina). *Alytes: International Journal of Batrachology*, 15(4): 137–144.
- Lapola, D.M., Martinelli, L.A., Peres, C.A., Ometto, J.P.H.B., Ferreira, M.E., Nobre, C.A., Aguiar, A.P.D., Bustamante, M.M.C., Cardoso, M.F., Costa, M.H., Joly, C.A., Leite, C.C., Moutinho, P., Sampaio, G., Strassburg, B.B.N. & Vieira, I.C.G. (2014). Pervasive transition of the Brazilian land-use system. *Nature Climate Change*, 4(1): 27–35. <https://doi.org/10.1038/nclimate2056>

- Leivas, P.T., Calixto, P. de O., Hiert, C., & Garey, M.V. (2018). Anurans of anthropogenic areas and remnants of Semideciduous forest in western state of Paraná, Brazil. *Herpetology Notes*, 11(July): 543–551.
- Lescano, J.N., Bonino, M.F., & Akmentins, M.S. (2013). Composición y riqueza de anfibios y sus relaciones con las características de los sitios de reproducción en un sector de la Selva Atlántica de Misiones, Argentina. *Cuadernos de Herpetología*, 27(1): 1–12.
- Liu, C., Berry, P.M., Dawson, T.P. & Pearson, R.G. (2005). Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*, 28: 385-393.
- Lobo, J.M., Jiménez-Valverde, A. & Hortal, J. (2010). The uncertain nature of absences and their importance in species distribution modeling. *Ecography* 33: 103-114.
- Lobo, J.M., Jiménez-Valverde, A., & Real, R. (2008). AUC: A misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography*, 17(2): 145-151. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2007.00358.x>
- López, C.A. & Nazer, S.J.E. (2009). Anfibios y reptiles de la Reserva Privada Yaguaroundia (Misiones, Argentina). *Boletín de La Sociedad Zoológica Del Uruguay*, 18: 13–24.
- Machado, R.A., Bernarde, P.S., Morato, S.A.A., & Anjos, L. dos. (1999). Análise comparada da riqueza de anuros entre duas áreas com diferentes estados de conservação no município de Londrina, Paraná, Brasil (Amphibia, Anura). *Revista Brasileira de Zoologia*, 16(4): 997-1004. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751999000400009>
- Maffei, F., Nascimento, B.T.M. do, Moya, G.M., & Donatelli, R.J. (2015). Anurans of the Agudos and Jaú municipalities, state of São Paulo, Southeastern Brazil. *Check List*, 11(3): 1-7. <https://doi.org/10.15560/11.3.1645>
- Maffei, F., Ubaid, F.K., & Jim, J. (2011). Anurofauna em área de cerrado aberto no município de Borebi, estado de São Paulo, Sudeste do Brasil: uso do habitat, abundância e variação sazonal. *Biota Neotropica*, 11(2): 221–233. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000200023>
- Marques Dias, T., Pereira Maragno, F., Madalozzo, B., Prado, C.P.A., & Cechin, S. (2013). Breeding sites of the leaf frog *Phyllomedusa tetraploidea* (Hylidae, Phyllomedusinae) in a forest remnant in southern Brazil. *North-Western Journal of Zoology*, 9(2): 422-424.
- Medina, R.G., Ponssa, M.L., & Aráoz, E. (2016). Environmental, land cover and land use constraints on the distributional patterns of anurans: *Leptodactylus* species (Anura, Leptodactylidae) from Dry Chaco. *PeerJ*, 4(e2605): 1-27. <https://doi.org/10.7717/peerj.2605>
- Merow, C., Smith, M.J., & Silander, J.A. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: What it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36(10): 1058–1069. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x>
- Morrone, J.J. (2001). *Biogeografía de América Latina y el Caribe*. Zaragoza, M&T - Manuales & Tesis, 3: 148 pp.
- Motte, M., Nuñez, K., Cacciali, P., Brusquetti, F., Scott, N. & Aquino, A.L. (2009). Categorización del estado de conservación de los anfibios y reptiles de Paraguay. *Cuaderno de Herpetología*, 23(1): 5–18.
- Naimi, B., Skidmore, A.K., Groen, T.A. & Hamm, N.A.S. (2011). Spatial autocorrelation in predictors reduces the impact of positional uncertainty in occurrence data on species distribution modelling. *Journal of Biogeography*, 38: 1497–1509. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02523.x>
- Oda, F.H., Batista, V.G., Gambale, P.G., Mise, F.T., De Souza, F., Bellay, S., Ortega, J.C. & Takemoto, R.M. (2016). Anuran species richness, composition, and breeding habitat preferences: A comparison between forest remnants and agricultural landscapes in Southern Brazil. *Zoological Studies*, 55.

- <https://doi.org/10.6620/ZS.2016.55-34>
- Peterson, A.T., Papes, M., & Soberón, J. (2008). Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecological Modelling*, 213: 63–72.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., & Schapire, R.E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3-4): 231–259. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Placci, G. & Di Bitetti, M. (2005). *Situación ambiental en la ecorregión del Bosque Atlántico del Alto Paraná (Selva Paranaense)*. En: *Situación ambiental Argentina*. Ed. Brown, A., Martínez Ortiz, U., Acerbi, M. & Corcuera, J. 197-2010. Buenos Aires, Argentina: Fundación Vida Silvestre. Disponible en: <http://www.fvsa.org.ar/situacionambiental/selva-paranaense.pdf>
- Pombal, J.P., & Haddad, C.F.B. (1992). Espécies de *Phyllomedusa* do grupo burmeisteri do Brasil Oriental, com descrição de uma espécie nova (Amphibia, Hylidae). *Revista Brasileira de Biologia*, 52(2), 217–229.
- QGIS Development Team. (2016). *QGIS Geographic information system*. Open source geospatial foundation project. Disponible en: <http://qgis.osgeo.org/>.
- R Development Core Team. (2017). Version 3.4.3 (2017-11-30) -- "KITE-EATING TREE". Copyright (C). The R Foundation for Statistical Computing Platform: i386-w64-mingw32/i386 (32-bit).
- Secretaría del Ambiente (SEAM). (2007). *Informe Nacional de Áreas Protegidas del Paraguay*. Asunción, Paraguay.
- Soberón, J., & A. T. Peterson. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2: 1– 10.
- UNEP-WCMC. (2018). *Protected Area Profile for Paraguay from the World Database of Protected Areas*. November 2018. Available at: www.protectedplanet.net
- Zuur, A.F., Ieno, E. N., & Elphick, C.S. (2010). A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution*, 1(1): 3–14. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2009.00001.x>