

Distribución geográfica potencial de *Atta vollenweideri* Forel en la provincia de Entre Ríos (Argentina)

Geographical distribution potential of *Atta vollenweideri* Forel in the province of Entre Rios (Argentina)

Julián Alberto Sabattini^{1(*)}

Hugo Raul Zerda²

Rafael Alberto Sabattini³

Cristian Savino⁴

Resumen

Las especies de *Atta* tienen una amplia distribución geográfica tanto en el mundo como en la Argentina. El desarrollo de modelos de distribución de especies se encuentra en aumento, por la expansión de la información geoespacial de los recursos bióticos y abióticos. Los objetivos de este trabajo fueron determinar la distribución geográfica potencial de *Atta vollenweideri* Forel en la provincia de Entre Ríos e identificar los factores que limitan su distribución. La superficie del trabajo abarca 78.781 km², y climáticamente se presenta como templado húmedo de llanura. Los registros de ocurrencia de la especie se obtuvieron de relevamientos de campo realizado en el año 2015 por medio de rutas nacionales, provinciales y caminos rurales, utilizando un receptor de posicionamiento global portátil. Se utilizaron 15 variables bioclimáticas del Worldclim que fueron estudiadas con el método de Máxima Entropía, mediante el programa MaxEnt. El 28% de la superficie provincial presenta una probabilidad alta (mayor al 50%) de condiciones bioclimáticas para la instalación de esta especie, mientras que el 30% presentan baja probabilidad de ocurrencia. La temperatura media del cuatrimestre más cálido explica el 35% del modelo, seguido de la precipitación del cuatrimestre más lluvioso, topografía, precipitación anual y la estacionalidad de la temperatura. El método de modelización y análisis espacial presenta respuestas adecuadas a lo esperable

1 Ingeniero Agronomo; Docente Cátedra de Ecología de los Sistemas Agropecuarios. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Entre Ríos. Integrante PID UNER N° 2173. E-mail: juliansabattini@hotmail.com, juliansabattini@fca.uner.edu.ar (*) Autor para la correspondencia.

2 Dr. en Cs. Forestales; Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero; Dirección: Avenida Belgrano (sur) 1912, (CP 4200), Capital, Santiago del Estero, Argentina; E-mail: hzerda@unse.edu.ar

3 Profesor Titular Cat. Ecología Sistemas Agropecuarios, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos; E-mail: rsabatti@outlook.com

4 Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero; E-mail: savinocristian@gmail.com

Recebido para publicação em 15/02/2016 e aceito em 15/04/2016

Ambiência Guarapuava (PR) v.13 n.1 p. 31 - 46 Jan./Abr. 2017 ISSN 2175 - 9405
DOI:10.5935/ambiencia.2017.01.02

para la especie en estudio, debido a que las variables climáticas seleccionadas se relacionan con sus características ecológicas biológicas y ecológicas, sumado al diseño geomorfológico general de la provincia.

Palabras clave: modelos distribución; MaxEnt; hormigas cortadoras; ecorregión del espinal.

Abstract

The species of *Atta* have a wide geographical distribution both in the world and in Argentina. The development of models for the distribution of species is found to increase by the expansion of the geospatial information of the biotic and abiotic resources. The objectives of this work were to determine the geographical distribution of *Atta vollenweideri* Forel 1893 potential in the province of Entre Rios and identify the factors that limit their distribution. The surface of the work covers 78.781 km², and climatically is presented as humid temperate of plain. The records of occurrence of the species were obtained from field surveys conducted in the year 2015 by means of national routes, provincial and rural roads, using a global positioning receiver laptop. 15 variables were used in the Worldclim bioclimatic which were studied with the method of Maximum Entropy, through the program MaxEnt. The 28% of the provincial surface presents a high probability (greater than 50%) of bioclimatic conditions for the installation of this species, while 30% have low probability of occurrence. The average temperature of the trimester warmer explains the 35% of the model, followed by the precipitation of the trimester more rainy, topography, annual precipitation and the seasonality of the temperature. The method of modeling and spatial analysis presents the appropriate responses to what would be expected for the species under study, due to climatic variables selected relate to their ecological characteristics biological and ecological, joined the geomorphological design general of the province.

Key words: distribution models; Maxent; leaf-cutting ants; Espinal ecoregion.

Introducción

La distribución geográfica de una especie es una expresión compleja de su ecología e historia evolutiva (BROWN et al., 1996) y está determinada por diversos factores que operan con diferentes intensidades a diferentes escalas (PEARSON y DAWSON, 2003). Dichos factores incluyen la relación de los organismos con su ambiente (e.j. condiciones climáticas y de hábitat) y

las interacciones interespecíficas como la competencia, depredación y parasitismo (CHESSON, 2000).

Las hormigas cortadoras de hojas (Formicidae: Attini) son los insectos más importante del Neotrópico, representando gran parte de la biodiversidad terrestre dado su alta biomasa, dominancia numérica e importancia ecológica (WILSON, 1971; ALONSO y AGOSTI, 2000). Las especies de *Atta* tienen una amplia distribución

geográfica y son consideradas plagas agrícolas con daños significativos (CHERRETT, 1986; CHERRETT y PEREGRINE, 1976; HÖLLDOBLER y WILSON, 1990; WEBER, 1972). Por esta alta diversidad y dominancia, este grupo de hormigas ha colonizado un amplio rango de nichos de alimentación en el suelo y la vegetación (HÖLLDOBLER y WILSON, 1990), estando presentes en casi todos los ambientes terrestres desde el Ecuador hasta latitudes de 50°.

En particular, los nidos de *Atta vollenweideri*, Forel (1893) fueron observados en Argentina, Paraguay, Bolivia, Perú, Uruguay y Brasil (GALLARDO, 1916; BRUCH, 1917; COSTA, 1949; GONÇALVES 1967; MARICONI, 1970, GONÇALVES, 1971; KEMPF, 1972). Estudios en Argentina indican la presencia de la especie en las provincias de Santa Fe, Santiago del Estero Chaco, Formosa, Entre Ríos, Corrientes, Salta, Catamarca y Tucumán (GALLARDO, 1916; DAGUERRE, 1945, VITTAR y CUEZZO, 2008; VITTAR, 2008).

En los últimos años, el desarrollo de modelos de distribución de especies se encuentra en aumento, gracias a la amplia difusión de información geoespacial (de PANDO y de GILES, 2007) combinando información de los recursos bióticos y abióticos (FRANKLIN, 1995). Los modelos resultantes son eficaces por ejemplo para establecer planes de conservación (FERRIER, 2002), localizar especies amenazadas (GUISAN et al., 2006) e invasoras (EVANGELISTA et al., 2008), comprender los patrones espaciales de la biodiversidad (GRAHAM et al., 2006), ó evaluar el impacto del cambio global sobre la distribución de los organismos (LAWLER et al., 2006; ENGLER y GUI SAN 2009) y ecosistemas (ENQUIST, 2002).

Un fundamento esencial de los modelos de distribución de especies es la teoría del nicho ecológico (GUISAN y THUILLER, 2005; PEARMAN et al., 2008; ELITH y LEATHWICK, 2009), que aproxima al nicho fundamental de una especie, definido como todas aquellas condiciones que garantizan la supervivencia a largo plazo de la misma. La fracción del nicho fundamental que es realmente ocupada por la especie, recibe el nombre de nicho realizado (HUTCHINSON, 1957).

Los modelos de nicho ecológico basados únicamente en datos de presencia son una herramienta muy útil para evitar inconvenientes que generan las ausencias de información sobre la distribución geográfica de una especie. La dinámica de una población, la fragmentación del hábitat o la capacidad dispersiva de la especie, son factores que pueden llevar a designar como ausencia una localización con características óptimas para la especie, alterando el resultado final y restando significación biológica en la interpretación del modelo (HIRZEL et al., 2002).

Investigaciones realizadas al sur de California, utilizaron modelos de presencia/ ausencia para determinar la distribución de *Linepithema humile* (MENKE et al., 2009). Sin embargo, recientes investigaciones se sustentan con datos de presencia para determinar la distribución potencial de monos aulladores (HOLZMANN, 2011), helechos del género *Elaphoglossum* en áreas prioritarias de conservación en Cuba (LÓRIGA, 2012), y numerosas monocotiledóneas en Chile (ZISKA et al., 2009).

En este sentido, estudios biogeográficos en hormigas cortadoras se han centrado tanto en las regiones geográficas muy amplias o en países individuales, sin disponer de informes detallados sobre los actuales límites

geográficos potenciales o los factores que limitan la propagación de estas especies fuera de su extensión actual.

Los objetivos de este trabajo fueron determinar la distribución geográfica potencial de *Atta vollenweideri* Forel en la provincia de Entre Ríos e identificar los factores que limitan su distribución. La utilización del criterio de máxima entropía para modelar la distribución de especies basada en el nicho realizado (PHILLIPS et al., 2006) proporciona una poderosa herramienta para lograr estos objetivos.

Materiales y Métodos

Área de trabajo

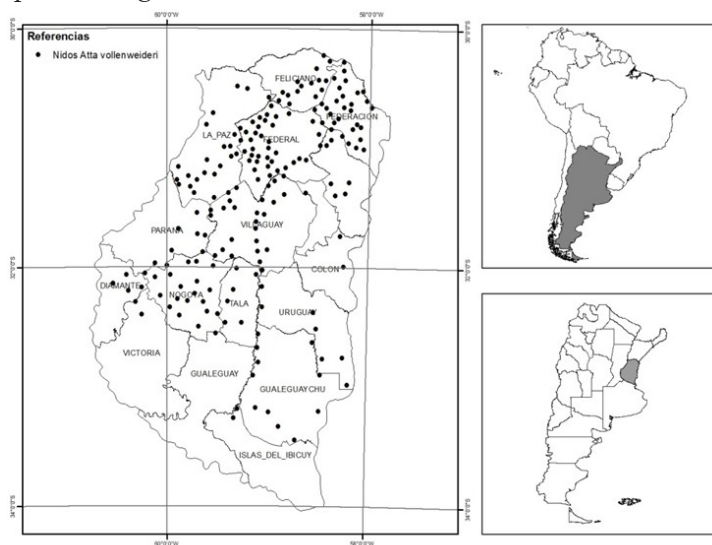
La provincia de Entre Ríos se encuentra ubicada al Noreste de la República Argentina (Figura 1) entre la latitud Sur 30° 10' a 34° 03', y los 57° 48' y 60° 47' de longitud Oeste. Presenta una extensión de 78.781 km², de los cuales 66.976 km² corresponde a tierra firme

y 11.805 km² a islas y tierras anegadizas. Los ríos Paraná y Uruguay conforman los límites al oeste y este respectivamente; mientras que el Mocoretá y el Guayquiraró limita el norte (Dirección Hidráulica de la provincia de Entre Ríos). Desde el punto de vista topográfico el área de estudio presenta unidades fisiográficas muy variadas, desde llanuras, valles aluviales, cuchillas, planicies onduladas y suavemente onduladas bordeando arroyos, hasta superficies extensas con pendientes planas (PLAN MAPA DE SUELOS DE ENTRE RÍOS, 1980).

Climáticamente se presenta como templado húmedo de llanura (PLAN MAPA DE SUELOS DE ENTRE RÍOS, 1986).

La posición geográfica intermedia entre el ecuador y el polo hace que las temperaturas promedio se ubiquen en el rango de templadas, entre 17 °C al sur y 20 °C hacia el norte de la provincia. El régimen de precipitaciones disminuye en forma gradual de Noreste a Suroeste, variando entre

Figura 1 - Puntos de presencia de *Atta vollenweideri*, Forel, en la provincia de Entre Ríos (República Argentina)



Fuente: Sabbatini (2016).

1.300 y 1.000 mm anuales, presentándose distribuida regularmente todos los meses y eventualmente durante los meses de verano es de esperar una situación de déficit hídrico (ROJAS y SALUSO, 1987).

Según Cabrera (1976) la provincia de Entre Ríos contiene a la Provincia fitogeográfica del Espinal (zona centro-norte) y a la provincia pampeana (zona sur) que pertenecen al Dominio Chaqueño de la Región Neotropical. A su vez en las riberas de los ríos y arroyos presenta una formación de Selvas Marginales perteneciente al Distrito de Selvas Mixtas correspondiente a la Provincia Paranaense del Dominio Amazónico.

Registros de presencia

Los registros de ocurrencia de la especies se obtuvieron de relevamientos de campo realizado en el año 2015 por

medio de rutas nacionales, provinciales y caminos rurales, utilizando un receptor de posicionamiento global portátil (GPS Garmin Map 76CSx). Además, se realizó una revisión bibliográfica y de las colecciones digitales, y se contó con el apoyo de lugareños para ubicar nidos a través de imágenes satelitales de alta resolución espacial en el Google Earth. Posteriormente se realizó una base de datos en formato CSV delimitada por comas, conformada por el nombre de la especie, latitud y longitud del nido.

Base de datos climático

Se utilizaron 15 variables bioclimáticas del conjunto de datos Worldclim disponible gratuitamente en línea (HIJMANS et al., 2005) con una resolución espacial de 0,008 grados (equivalente a 0,9 km). Los nombres y descripciones de las variables utilizadas se detallan en el Cuadro 1. WorldClim

Cuadro 1 - Descripción de las variables bioclimáticas utilizadas

Código	Descripción
BIO1	Temperatura media anual (°C)
BIO4	Estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, en %)
BIO5	Temperatura máxima media del periodo más cálido (°C)
BIO6	Temperatura mínima media del periodo más frío (°C)
BIO7	Oscilación anual de la temperatura (°C) (cociente entre parámetros 5 y 6)
BIO8	Temperatura media del cuatrimestre más lluvioso (°C)
BIO9	Temperatura media del cuatrimestre más seco (°C)
BIO10	Temperatura media del cuatrimestre más cálido (°C)
BIO12	Precipitación anual (mm)
BIO13	Precipitación del periodo más lluvioso (mm)
BIO14	Precipitación del periodo más seco (mm)
BIO15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación, en %)
BIO16	Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm)
BIO17	Precipitación del cuatrimestre más seco (mm)
BIO19	Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)

Fuente: Sabattini (2016).

almacena las variables en formato raster, y la estructura de datos consta de una matriz de valores reales, acompañado del sistema de coordenadas de referencia WGS84. Los elementos de la matriz representan el promedio del valor de este atributo sobre toda la superficie de la celda considerada. Además de las variables bioclimáticas, también se utilizó un modelo de elevación digital producido por la NASA⁵, con una resolución espacial original de 90 m.

Modelo de distribución de especies

Se utilizó el método de Máxima Entropía, mediante el programa MaxEnt versión 3.3.3⁶. Este programa calcula la distribución más probable para una especie seleccionada (PHILLIPS et al., 2006), donde la presencia de la especie es la variable dependiente, y las variables independientes son datos bioclimáticos y topográficos en cada una de las cuadrículas analizadas (ANDERSON et al., 2003). Este modelo utiliza las características del hábitat correspondiente a los sitios con presencia confirmada para predecir la existencia de áreas con las mismas condiciones ambientales (hábitat potencial) donde la especie no ha sido registrada aún (SCOTT et al., 2002).

Calibración y evaluación del modelo

Para evaluar la capacidad de predicción del modelo se utilizó el método de umbral de independencia del área bajo la curva operada por el receptor (más conocidos como AUC - area under the curve - y ROC - receiver

operating characteristics curves-) para evaluar su propio desempeño predictivo. El AUC nos indica la capacidad del modelo para discriminar sitios con presencia de sitios con ausencia (HANLEY y MCNEIL, 1982). Los valores de AUC se distribuyen de 0 a 1. Un valor de 1 indica perfecta discriminación, un valor de 0,5 indica que la capacidad predictiva del modelo no es mejor que el azar y <0.5, la capacidad predictiva del modelo es peor que el azar. Valores de $AUC \geq 0.75$ indican un buen desempeño del modelo para discriminar las áreas con y sin presencia de la especie (ELITH et al., 2006).

Resultados

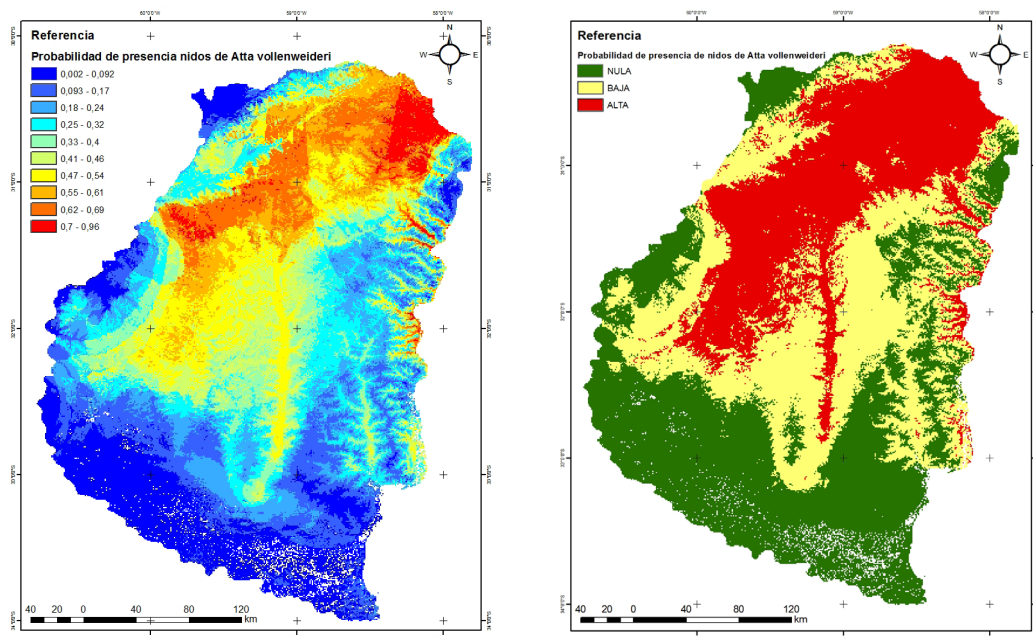
La mayor probabilidad de presencia de *Atta vollenweideri* Forel está ubicado al centro norte de la provincia de Entre Ríos (Figura 2). El modelo de distribución basado en variables climáticas y topográficas obtuvo un promedio de AUC de 0,81, indicando una buena predicción con bajos errores de comisión y omisión. El 28% de la superficie provincial presenta una probabilidad alta (mayor al 50%) de condiciones bioclimáticas para la instalación de esta especie, mientras que el 30% presentan baja probabilidad de ocurrencia. Sin embargo el 40% del territorio no presenta condiciones aceptables para que la hormiga colonice nuevas áreas.

Las variables que mayor explican la distribución de los nidos de *Atta vollenweideri* Forel son la temperatura, la precipitación y la topografía. La temperatura media del cuatrimestre más cálido explica el 35% del modelo, seguido de la precipitación del cuatrimestre más lluvioso (18,7%), topografía (7,7%), precipitación anual (5,3%) y la estacionalidad de la temperatura con un 4,6% (Cuadro 2).

5 Disponible en: <<http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>>.

6 Disponible en: <<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/MaxEnt/>>.

Figura 2 - A: Modelo acumulativo del *software* MaxEnt. B: Probabilidad de presencia de nidos de Distribución geográfica potencial de *Atta vollenweideri* Forel 1893 en la provincia de Entre Ríos.



Fuente: Sabattini (2016).

Cuadro 2 - Porcentaje de contribución relativa al modelo Maxent de las variables climáticas para *Atta vollenweideri*, Forel

Variable	Porcentaje de contribución
BIO10	35,0
BIO16	18,7
Topografía	7,7
BIO12	5,3
BIO4	4,6
BIO13	4,3
BIO19	4,2
BIO14	3,7
BIO17	3,4
BIO8	2,9
BIO5	2,4
BIO15	2,4

Continúa...

Cuadro 2 - Porcentaje de contribución relativa al modelo Maxent de las variables climáticas para *Atta vollenweideri*, Forel

...Conclusão.

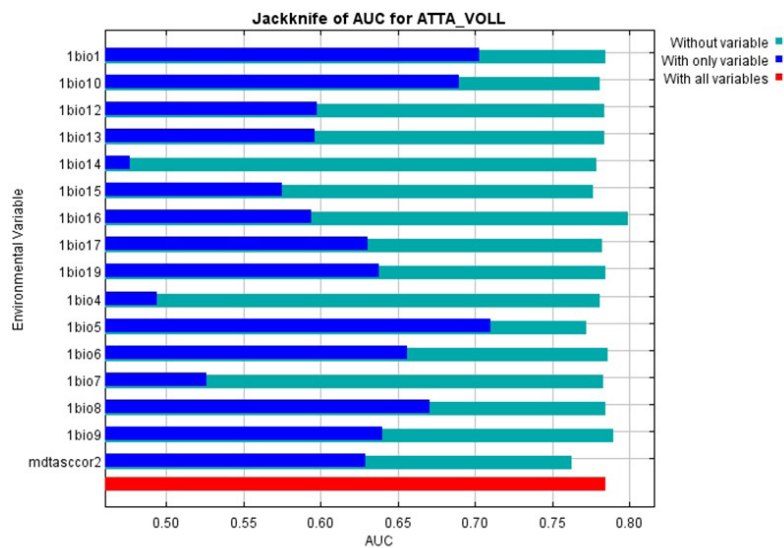
Variable	Porcentaje de contribución
BIO6	2,3
BIO9	1,5
BIO7	1,1
BIO1	0,5

Fuente: Sabattini (2016).

Las variables que por sí solas predijeron de manera más efectivas la distribución de los datos estuvieron relacionado con la temperatura, siendo la temperatura máxima media del periodo más cálido (AUC=0,71) la variable destacada, seguida por la temperatura

media anual (AUC=0,70), la temperatura media del cuatrimestre más cálido (AUC= 0,68) y la temperatura media del cuatrimestre más lluvioso con un AUC= 0,67 (Figura 3).

Figura 3 - Test de Jackknife (AUC) de la importancia de las variables climáticas (barras azul oscuro) en l modelado Maxent en relación a todas las variables (barra inferior). La longitud de la barra celeste muestra el grado de estimación de la importancia de cada variable en la distribución de *Atta vollenweideri*.



Fuente: Sabbatini (2016).

Teniendo en cuenta las curvas de respuesta, la probabilidad de presencia de esta especie es alta en regiones donde la temperatura media anual oscila entre 18,5 °C y 19,5 °C (Figura 4A). Sin embargo, considerando la temperatura máxima media del período más cálido, la probabilidad de presencia aumenta a partir de los 31,5°C hasta los 32,8°C que se produce un descenso notable (Figura 4B). Un patrón similar se observó cuando se considera la temperatura media del cuatrimestre más cálido, registrando la probabilidad máxima de presencia de nidos en un rango entre los 24,5 °C y 25,5 °C (Figura 4C).

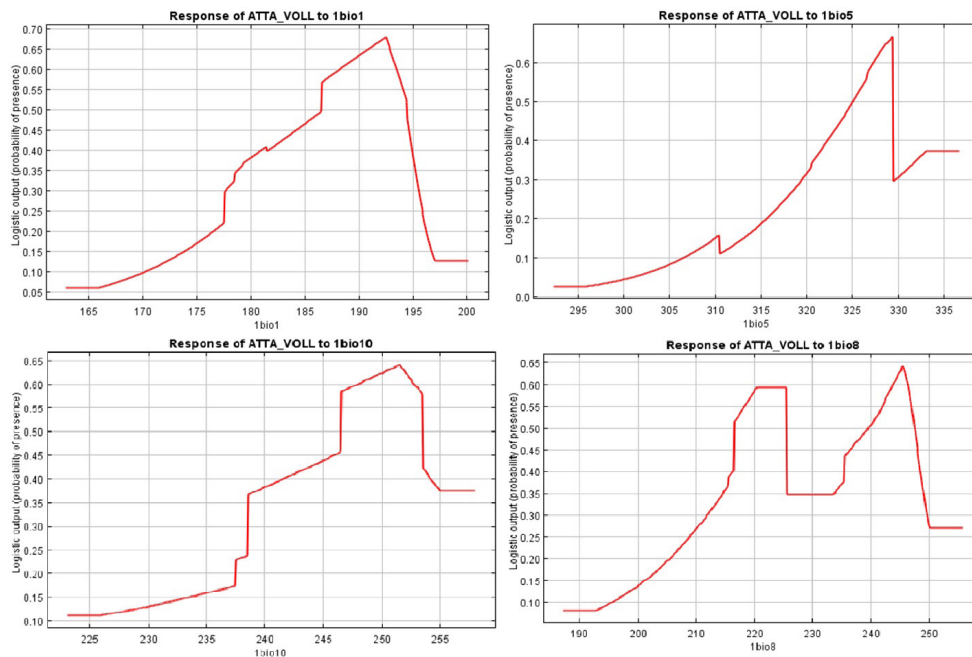
Además se comprobó que la temperatura media del cuatrimestre más lluvioso determina valores altos de

probabilidad de hallar la especie en la provincia de Entre Ríos entre los 21,5 °C y 24,5 °C (Figura 4D). Esta variable está relacionada con la precipitación del cuatrimestre más lluvioso, que en conjunto contribuyeron con el 53,7% del modelo resultante (Cuadro 1).

Discusión

El modelado de nicho ecológico por primera vez para *Atta vollenweideri* en la provincia de Entre Ríos determinó una zona potencial muy extensa y delimitada por condiciones climáticas y topográficas. Sin embargo el tipo de vegetación y las características de suelo también son factores

Figura 4 - Curvas de respuesta del Maxent de las variables seleccionadas se acuerdo a los resultados de Jackknife que indican cuáles son aquellas variables que más afectan a la distribución de las especies en estudio. En el eje “x” indica la variación del valor climático y el eje “y” indica la probabilidad de hallar *Atta vollenweideri* Forel en el área de estudio.



Fuente: Sabattini (2016).

que determinan la distribución geográfica.

Esta especie es endémica de Sudamérica (BONETTO, 1959), extendiéndose desde la provincia del Chaco, el litoral Oeste de Uruguay, Norte argentino, extremo Sur de Brasil, Este de Paraguay y extremo Sur de Bolivia (FOWLER et al., 1986). El límite Sur de su distribución se encuentra entre Fray Bentos y Mercedes en la República Oriental del Uruguay (SOSA, 2006), mientras que el lugar más austral argentino con presencia se ubica al sur de la provincia de Santa Fe (BRUCH, 1917; FARJI-BRENER y RUGGIERO, 1994).

Las hormigas de este género se localizaron primariamente en hábitats

húmedos del neotrópico, incluido los bosques y sabanas. Sin embargo, un grupo de especies se adaptaron a otras condiciones climáticas muy diferentes, como por ejemplo desiertos cálidos y regiones templadas. La distribución geográfica obtenida se corresponde gran parte con la provincia fitogeográfica Espinal (CABRERA, 1976), siendo el bosque nativo el ecosistema dominante. Estas relaciones fueron comprobadas en especies del género *Atta*, obteniendo una alta afinidad entre la densidad de nidos y la cubierta vegetal (TEIXEIRA y SCHOEREDER, 2003; TEIXEIRA et al., 2008). Además, estos organismos se encontraron geográficamente en zonas ecotónicas intermedias entre el

bosque nativo y el pastizal natural como son las sabanas arboladas de los departamentos Feliciano, Federal y Federación. Estos resultados se corresponden con la presencia de nidos en el Litoral Oeste Uruguayo que presentan similares características de vegetación (SOSA, 2006).

Las condiciones de temperatura del centro norte de la provincia de Entre Ríos son óptimas para el desarrollo normal de la especie (Figura 4A), debido a que por debajo de 0 °C y por encima de 35 °C se provoca la muerte de las hormigas. Sin embargo el hongo presenta un rango de temperatura óptimo más estrecho entre los 25 °C y 27 °C (MORGAN, 2008).

Además es importante mencionar que en los departamentos ubicados al Norte de la provincia (Federal, Federación, Feliciano) la probabilidad de presencia de los nidos es alta, mayor al 70% (Cuadro 3). Estas condiciones no sólo se deben a las condiciones de temperatura, sino también las características de los suelos alfisoles propio de la región. Esta asociación fue comprobada en suelos alfisoles donde se observó una asociación entre la densidad de nidos de hormigas cortadoras y las propiedades físicas y estructurales de los mismos (SABATTINI et al., 2016). Estudios realizados sobre las altillanuras de la Cuchilla de Montiel en el centro norte de Entre Ríos, demostraron la presencia de hormigueros de especies como *Atta vollenweideri* y *Acromyrmex lundii* sobre extensiones del monte xerófilo de Montiel en esta clase de suelos (PLAN MAPA DE SUELOS, 1993). Por otro lado, la variabilidad de los rasgos de este tipo de suelo está influenciada en un 80% por la actividad de estos insectos (PLAN MAPA DE SUELOS, 1986; 1990; 1993). Estos suelos abarcan una superficie importante en la provincia de Entre

Ríos distribuidos en los departamentos Federal, Feliciano, Federación, y La Paz, y presentan altos niveles de arcilla expandible en el perfil generando dificultades en infiltración de agua, por lo tanto favorecen a la supervivencia de la colonia porque permiten sellar los orificios rápidamente (da SILVA y SCHOEREDER, 2008).

Cuadro 3 - Probabilidad de presencia de nidos de *Atta vollenweideri*, Forel en los departamentos de la provincia de Entre Ríos.

PROBABILIDAD DE PRESENCIA			
Departamento	Nula	Baja	Alta
FEDERAL	0,1%	11,2%	88,7%
FEDERACION	16,7%	12,7%	70,5%
FELICIANO	5,9%	24,4%	69,6%
NOGOYA	2,0%	47,7%	50,3%
LA PAZ	19,4%	31,3%	49,2%
VILLAGUAY	6,6%	49,2%	44,2%
CONCORDIA	20,8%	40,3%	38,9%
PARANA	37,2%	35,7%	27,1%
TALA	0,3%	82,7%	17,1%
COLON	24,5%	60,5%	15,0%
URUGUAY	32,5%	62,0%	5,5%
GUALEGUAYCHU	73,3%	24,7%	2,0%
DIAMANTE	62,3%	36,7%	1,0%
GUALEGUAY	76,5%	22,6%	0,9%
VICTORIA	88,1%	11,3%	0,6%
SAN SALVADOR	45,9%	53,5%	0,6%
ISLAS DEL IBICUY	99,1%	0,9%	0,0%

Fuente: Sabattini (2016).

En los departamentos ubicados al centro de la provincia como Nogoyá, La Paz, Villaguay, Concordia y Paraná, la probabilidad de encontrar alta presencia de nidos es menor (Cuadro 3). Esta disminución puede estar

determinada por la intensa tasa de cambio de cobertura vegetal en los últimos años que provocó un reemplazo de las áreas boscosas por agricultura extensiva (SABATTINI y SABATTINI, 2012; BRIZUELA et al., 2013; SABATTINI, 2015). La probabilidad de no encontrar nidos de hormigas en los departamentos ubicados al sur es baja a nula (Cuadro 3) debido fundamentalmente a un descenso de la temperatura media anual y a la dominancia de un ecosistema menos diverso como la provincia fitogeográfica Pampeana (CABRERA, 1976). Por otro lado, gran parte del territorio de estos departamentos se ubican en zonas topográficas planas y bajas respecto al nivel del mar. Esta condición es muy susceptible para la instalación de nidos dado que afectan la supervivencia, por lo tanto migran a zonas topográficas altas (SENDOYA et al., 2014). Por ese motivo construyen grandes montículos de tierra o bien cierran las torretas de ventilación incrementando la concentración de dióxido de carbono comprometiendo el rendimiento de la colonia (KLEINEIDAM y ROCES, 2000; COSARINSKY y ROCES, 2007).

Conocer la distribución geográfica potencial de esta especie permitiría diseñar políticas de control y erradicación al mediano y largo plazo. Si bien la mayor densidad de nidos se encuentra en ambientes naturales como bosques nativos y pastizales naturales,

el cambio de uso y cobertura vegetal sucedido en región durante los últimos años podría provocar una migración forzada a regiones agrícolas. Es importante mencionar que las hormigas del género *Atta* son conocidas a nivel mundial en la actividad agropecuaria por su poder destructivo en la región Neotropical, y son responsables de pérdidas económicas millonarias en todo el mundo (LOFGREN y VANDER MEER, 1986; JAFFÉ, 1993).

Conclusión

El área de distribución geográfica de *Atta vollenweideri* en la provincia de Entre Ríos supera los 21.800 km² de extensión, concentrándose en el centro norte donde se encuentra la mayor superficie cubierta por bosques nativos. El método de modelización y análisis espacial presenta respuestas adecuadas a lo esperable para la especie en estudio, debido a que las variables climáticas seleccionadas se relacionan con sus características ecológicas biológicas y ecológicas, sumado al diseño geomorfológico general de la provincia.

La disponibilidad tanto de software como de geodatos de libre distribución facilitarán el monitoreo del comportamiento de esta especie frente a cambios climáticos, como también de otras especies con características biológicas similares.

Referencias

ALONSO, L. E.; AGOSTI, D. Biodiversity Studies, Monitoring, and Ants: An Overview. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.; ALONSO, E.; SCHULTZ, T. R. (Ed.). **Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity**. Biological Diversity Handbook Series. Smithsonian Institution Press. Washington, 2008, p.1-8.

ANDERSON, R. P.; LEW, D.; PETERSON, A. T. Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models. **Ecol. Model**, v.162, p.211–232, 2003.

BENITO DE PANDO, B.; PEÑAS DE GILES, J. Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. **GeoFocus**, v.7, p.100-119, 2007.

BONETTO, A. **Las hormigas “cortadoras” de la Provincia de Santa Fe (Géneros *Atta* y *Acromyrmex*)**. Dirección General de Recursos Naturales, Ministerio de Agricultura de Santa Fe. Rosario, 1959. p.83.

BRIZUELA, A. B.; SABATTINI, R. A.; SABATTINI, J. A. Utilización de imágenes Landsat en la Cuenca del Arroyo Feliciano para la detección de cambios en la ocupación agrícola en el período 1990-2010 (Entre Ríos). In: GIAYETTO; PLEVICH; LALLANA, V. H.; PILLATI. **Bases conceptuales y metodológicas para el Ordenamiento Territorial en el Medio Rural**. Región Centro Argentina, 2013. p.349-360.

BROWN, J. H.; STEVENS, G. C.; KAUFMAN, D. M. The geographic range: size, shape, boundaries, and internal structure. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.27, p.597-623, 1996.

BRUCH, C. Costumbres y nidos de hormigas. **An. Soc. Cient. Argentina**, v.84, p.154-168, 1917.

CABRERA, A. L. **Regiones Fitogeográficas Argentinas**. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. 2da Edición. Tomo II, Fascículo 1. Editorial Acme. Buenos Aires, p.85, 1976.

CHERRET, J. M. The economic importance and control of leaf-cutting ants. In: VINSON, S. B. (Ed.). **Economic Impact and Control of Social Insects**. Praegar Special Studies, USA, 1986.

CHERRETT, J. M.; PEREGRINE, D. J. A review of the status of leaf-cutting ants and their control. **Annals of Applied Biology**, v.84, p.124-133, 1976.

CHESSON, P. Mechanisms of maintenance of species diversity. **Annu. Rev. Ecol. Syst.**, v.31, p.343-366, 2000.

COSARINSKY, M. I.; ROCES, F. Neighbour leaf cutting ants and mound building termites: A comparative nest micromorphology. **Geoderma**, v.141, p.224-234, 2007.

COSTA, R. G. *Atta (Neoatta) vollenweideri* Forel, 1893. **Rev. Agronomica**, v.13, n.150, p.180, 1949.

da SILVA, W. L.; SCHOEREDER, J. H. Leaf-Cutting Ants (Hymenoptera: Formicidae) and Soil Classes: Preference, Survival and Nest Density. **Sociobiology**, v.52, n.2, p.403-415, 2008.

DAGUERRE, J. B. Hormigas del género *Atta* Fabricius de la Argentina. **Rev. Soc. Ent. Argentina**, v.12, p.438-460, 1945.

- ELITH, J.; GRAHAM, C. H.; ANDERSON, C. P.; DUDÍK, M.; FERRIER, S. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. **Ecography**, v.29, p.129-151, 2006.
- ELITH, J.; LEATHWICK, J. R. Species distribution models: Ecological explanation and prediction across space and time. **Annual Reviews of Ecology, Evolution and Systematics**, v.40, p.677-697, 2009.
- ENGLER, R.; GUISAN, A. MigClim: Predicting plant distribution and dispersal in a changing climate. **Diversity and Distributions**, v.15, p.590-601, 2009.
- ENQUIST, C. A. F. Predicted regional impacts of climate change on the geographical distribution and diversity of tropical forests in Costa Rica. **Journal of Biogeography**, v.29, p.519-534, 2002.
- EVANGELISTA, P.; KUMAR, S.; STOHLGREN, T. J.; JARNEVICH, C. A.; CRALL, A. W.; ORMAN, J. B.; BARNETT, D. Modelling invasion for a habitat generalist and a specialist plant species. **Diversity and Distributions**, v.14, p.808-817, 2008.
- FARJI-BRENER, A. G.; RUGGIERO, A. Leaf-cutting ants (*Atta* and *Acromyrmex*) inhabiting Argentina: patterns in species richness and geographical ranges sizes. **Journal of Biogeography**, v.21, p.391-399, 1994.
- FERRIER, S. Mapping spatial pattern in biodiversity for regional conservation planning: where to from here? **Systematic Biology**, v.51, p.331-363, 2002.
- FOWLER, H. G.; FORTI, L. C.; PEREIRA DA SILVA, V.; SAES, N. B. Economics of grass-cutting ants. In: LOFGREN, C. S.; VANDER MEER, R. K. (Ed.). **Fire ants and leaf-cutting ants: biology and management**. Boulder, Westview Press E.E.U.U, p.18-35, 1986.
- FRANKLIN, K. Predictive vegetation mapping: Geographic modelling of biospatial patterns in relation to environmental gradients. **Progress in Physical Geography**, v.19, p.474-499, 1995.
- GALLARDO, A. Notes systematiques et ethiologiques sur les fourmis Attines de la République Argentine. **An. Mus. Nac. Nat. Buenos Aires**, v.28, p.317-344, 1916.
- GONÇALVES, C. R. As formigas cortadeiras. **Boletim do Campo**, Rio de Janeiro, v.22, n.213, p.3-13, 1967.
- GONÇALVES, C. R. As saúvas do Mato Grosso, Brasil. Hymenoptera, Formicidae. **Arquivos do Mus. Nac.**, v.54, p.249-253, 1971.
- GRAHAM, C. H.; MORITZ, C.; WILLIAMS, S. E. Habitat history improves prediction of biodiversity in a rainforest fauna. **Proceedings of the Natural Academy of Science of USA**, v.103, p.632-636, 2006.

- GUIBAN, A.; THUILLER, W. Predicting species distribution: Offering more than simple habitat models. **Ecology Letters**, v.8, p.993-1009, 2005.
- GUIBAN, A.; BROENNIMANN, O.; ENGLER, R.; VUST, M.; YOCCOZ, N. G.; LEHMANN, A.; ZIMMERMANN, N. E.; Using niche-based models to improve the sampling of rare species. **Conservation Biology**, v.20, n.2, p.501-511, 2006.
- HANLEY, J.; MCNEIL, B. A method of comparing the areas under receiver operating characteristic curves derived from the same cases. **Radiology**, v.148, p.839-843, 1983.
- HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES, P. G.; JARVIS A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v.25, p.1965-1978, 2005.
- HIRZEL, A. H.; HAUSSER, J.; CHESSEL, D.; PERRIN, N. Ecological-niche factor analysis: How to compute habitat- suitability maps without absence data? **Ecology**, v.83, p.2027-2036, 2002.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The Ants**. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass., p.732, 1990.
- HOLZMANN, I. **Distribución geográfica potencial y comportamiento vocal de dos especies de mono aullador (*Alouatta guariba clamitans* y *Alouatta caraya*)**. 2011. 222f. Tesis Doctoral, [S.I.], 2011.
- HUTCHINSON, G. E. Concluding remarks. **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**, v.22, p.415-427, 1957.
- JAFFÉ, K. Surfing ants. **Florida Entomologist**, v.76, n.1, p.182-183, 1993.
- KEMPF, W. W. Catálogo abreviado das formigas da região Neotropical (*Hymenoptera: Formicidae*). **Studia. Ent.**, v.15, n.1-4, p.1-345, 1972.
- KLEINEIDAM, C.; ROCES, F. Carbon dioxide concentrations and nest ventilation in nests of the leaf-cutting ant *Atta vollenweideri*. **Insectes sociaux**, v.47, n.3, p.241-248, 2000.
- LAWLER, J. J.; WHITE, D.; NEILSON, R. P.; BLAUSTEIN, A. R. Predicting climate-induced range shifts: model differences and model reliability. **Global Change Biology**, v.12, p.1568-1584, 2006.
- LOFGREN, C. S.; VANDER MEER, R. L. **Fire ants and leaf-cutting ants**. Biology and management. Boulder and London: Westview Press, 1986. 435p.
- LÓRIGA, J. **Diversidad, distribución geográfica y áreas prioritarias para la conservación del género *Elaphoglossum* (Dryopteridaceae) en Cuba**. 2012. 65 f. Tesis de Maestría, [S.I.], 2012.

- MARICONI, F. A. M. **As saúvas**. Sao Pablo: Ed. Agronómica Ceres, 1970. 1679.
- MENKE, S. B.; HOLWAY, D. A.; FISHER, R. N.; JETZ, W. Characterizing and predicting species distributions across environments and scales: Argentine ant occurrences in the eye of the beholder. **Global Ecology and Biogeography**, v.18, p.50–63, 2009.
- MORGAN, R. C. **Natural history notes and captive management of leaf-cutting ants in the genus *Atta***. 2008 Invertebrates in Conservation and Education Conference Proceedings, 2008. p.77-93.
- PEARMAN, P. B.; RANDIN, C. F.; BROENNIMANN, O.; VITTOZ, P.; WODV KNAAP. Prediction of plant species distributions across six millennia. **Ecology Letters**, v.11, p.357-369, 2008.
- PEARSON, R. G.; DAWSON T. P. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful?. **Global Ecology & Biogeography**, v.12, p.361-371, 2003.
- PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling**, v.190, p.231-259, 2006.
- PLAN MAPA DE SUELOS PROVINCIA DE ENTRE RÍOS. **Suelos y Erosión de la Provincia de Entre Ríos**. Tomo 1. INTA EEA Paraná, Serie Relevamiento de Recursos Naturales. Proyecto PNUD/FAO/INTA Arg 68/526, p.109, 1980.
- PLAN MAPA DE SUELOS PROVINCIA DE ENTRE RÍOS. **Carta de Suelos de la República Argentina**. Departamento Feliciano, Provincia de Entre Ríos. Serie Relevamiento de recursos naturales N°3. Convenio INTA Gobierno de Entre Ríos, 1986. 96p.
- PLAN MAPA DE SUELOS PROVINCIA DE ENTRE RÍOS. **Carta de Suelos de la República Argentina**. Departamento Federal, Provincia de Entre Ríos. Serie Relevamiento de recursos naturales N°3. Convenio INTA Gobierno de Entre Ríos, 1993. 999.
- ROJAS, A.; SALUSO, J. H. **Informe Climático de la Provincia de Entre Ríos**. INTA EEA Paraná, Publicación Técnica N° 14. Entre Ríos, Argentina, p.20, 1987.
- SABATTINI, J. A. Land cover and land use changes of native forests categories: the case of the Atencio District, Argentina, in the period from 1984 to 2013. **Forest System**, v.24, n.2, p.1-11, 2015.
- SABATTINI, J. A.; SABATTINI, R. A. Cambios y tendencias en la cobertura y uso de la tierra durante el período 1991-2011 en el Distrito Alcaraz 2°, Departamento La Paz (Entre Ríos, Argentina). **Revista Científica Agropecuaria**, v.16, n.2, p.59-71, 2012.
- SCOTT, J. M.; HEGLUND, P. J.; MORRISON, M. L.; HAUFLER, J. B.; RAPHAEL, M. G.; WALL, W. A.; SAMSON, F. B. **Predicting Species Occurrences: Issues of Accuracy and Scale**. Washington: Island Press, 2002.

SENDOYA, S. F.; SILVA, S. D.; FARJI-BRENER, A. G. Does inundation risk affect leaf-cutting ant distribution? A study along a topographic gradient of a Costa Rican tropical wet forest. **Journal of Tropical Ecology**, v.30, p.89-92, 2014.

SOSA, B. **Efectos comunitarios y poblacionales de la ingeniería ecosistémica**. El rol de la hormiga *Atta vollenweideri* en Sabanas Arboladas del Litoral Oeste Uruguayo. 2006. 74f. Tesis de Maestría, [S.I.], 2006.

TEIXEIRA, M. C.; SANTOS, I. A.; SCHOEREDER, J. H. *Atta robusta*: endemismo, extinção ou ausência de estudos?. In: VILELA, E. F.; SANTOS, I. A.; SCHOEREDER, J. H.; SERRÃO, J. E.; CAMPOS, L. A. O.; LINO-NETO, J. **Insetos Sociais: da biologia à aplicação** Viçosa: Editora da UFV, 2008. p.359-367.

TEIXEIRA, M. C.; SCHOEREDER, J. H. The effect of plant cover on *Atta robusta* (Hymenoptera, Formicidae) distribution in Restinga vegetation. **Sociobiology**, v.41, p.615-623, 2003.

VITTAR, F. Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de la Mesopotamia Argentina. **Insugeo**, v.17, n.2, p.447-466, 2008.

VITTAR, F.; CUEZZO, F. C. Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de la provincia de Santa Fe, Argentina. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v.67, n.1-2, p.175-178, 2008.

WEBER, N. A. **Gardening Ants the Attines**. Philadelphia: The American Philosophical Society, 1972. 146p.

WILSON, E. O. **The insect societies**. Cambridge: Belknap Press, Harvard University, 1971. 548p.

ZIZKA, G.; SCHMIDT, M.; SCHULTE, K.; NOVOA, P.; PINTO, R.; KÖNIG, K. Chilean Bromeliaceae: diversity, distribution and evaluation of conservation status. **Biodiversity and Conservation**, v.18, p.2449-2471, 2009.