



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

**MODELOS ESPACIALES DE RIESGO DE
DEPREDACIÓN DE ANIMALES DOMÉSTICOS POR
GRANDES CARNÍVOROS EN BRASIL**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES**

PRESENTA:

ÁNGEL BALBUENA SERRANO

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, Agosto de 2017



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

**MODELOS ESPACIALES DE RIESGO DE
DEPREDACIÓN DE ANIMALES DOMÉSTICOS POR
GRANDES CARNÍVOROS EN BRASIL**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

ÁNGEL BALBUENA SERRANO

COMITÉ TUTORIAL:

TUTOR ACADÉMICO: DRA. MARTHA M. ZARCO GONZÁLEZ

TUTOR ADJUNTO: DR. OCTAVIO MONROY VILCHIS

TUTOR ADJUNTO: DR. RONALDO GONÇALVES MORATO

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, Agosto de 2017

Resumen

El conflicto humano-fauna silvestre provocado por la depredación de los animales domésticos tiene un impacto significativo en las poblaciones de carnívoros. En Brasil, el puma y el jaguar son las especies más afectadas, por lo que es imperativo identificar los patrones espaciales del riesgo de depredación a nivel del bioma, a través del análisis cuantitativo y también con un enfoque predictivo. Se utilizó una base de datos de registros de depredación, variables antrópicas, topográficas y de vegetación para generar Modelos Espaciales de Riesgo de depredación utilizando Modelos de Nicho Ecológico. Los modelos de ensamble se generaron en cinco biomas para ambos depredadores. Las variables asociadas al riesgo de depredación fueron diferentes entre especies y biomas. El riesgo de depredación del puma es influenciado principalmente por variables antrópicas, mientras que para el jaguar se da por una combinación de variables de tipo antrópico y tipos de vegetación. La generación de modelos espaciales permite predecir e identificar áreas con alto riesgo de depredación, así como las variables que las caracterizan. El análisis de la información a escala de biomas, junto con la disponibilidad de datos confiables y la implementación de métodos estadísticamente robustos, proporciona una perspectiva más específica de los patrones espaciales de depredación. Tales resultados pueden ser utilizados en la aplicación de estrategias para mitigar la depredación de animales domésticos.

Palabras clave: Biomas, Carnívoros, Conflicto, Modelo Espacial de Riesgo, Variables.

Abstract

The human-wildlife conflict by the domestic animals predation had a significant impact on carnivorous populations. In Brazil, puma and jaguar are the most affected species; so it is of imperative to identify the spatial patterns of predation risk at the biome level, through quantitative analysis and also with a predictive approach. Predation records database, anthropic, topographic and vegetation variables were used to generate spatial models of predation risk using Ecological Niche Models. Ensemble models were generated in five biomes for both predators. Approximately 17% of area was identified as high predation risk for puma and 18% for jaguar. The variables associated with the predation risk were different between species and biomes. The predation risk for puma is mainly caused by anthropic variables, whereas for jaguar by a combination of anthropic variables and vegetation types. The generation of spatial models allows to predict and to identify areas with high risk of predation, as well as the variables that characterize them. Analysis of biome-scale information, coupled with the availability of reliable data and the implementation of statistically robust methods, provides a more specific perspective of spatial patterns of predation. Such results can be used in the application of strategies in order to mitigate the predation of domestic animals.

Keywords: Biomes, Carnivores, Conflict, Spatial risk model, Variables.

Agradecimientos

Al pueblo mexicano, por la utilización de sus recursos. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca nacional con número de registro 585494 así como por la beca mixta para estancias en el extranjero. Al PCARN por permitir participar por el grado.

Agradecimientos especiales para la Dra. Martha Zarco González, el Dr. Octavio Monroy Vilchis y al Dr. Ronaldo Gonçalves Morato por el tiempo dedicado y la orientación brindada para la redacción y mejoras del presente escrito.

A mi familia por el apoyo incondicional de siempre, gracias por el cariño y la paciencia para aguantar mis repetidas ausencias en la casa. Este trabajo es reflejo de los múltiples esfuerzos de todos, no hay palabras para demostrar mi agradecimiento. Gracias.

Al Centro de Investigación en Ciencias Biológicas Aplicadas por brindar un espacio confortable para la investigación, no solo para mi sino para todos los alumnos dedicados a realizar investigación de calidad.

Al Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Mamíferos Carnívoros por aceptar mi estancia de investigación, por los datos y por brindarme todas las facilidades para culminar satisfactoriamente la presente investigación. A mis amigos del CENAP, Rogério, Paulo, Elildo, Danianderson, Whal, Rose, Silvia, Carol, Henrique, Miro, Juliana, Karina y muchos más, por su amistad y amabilidad, por incluirme dentro de sus actividades diarias y hacer de esta estancia una gran experiencia. De manera general al pueblo brasileño. Muito obrigado.

A Zuleyma y Tano que comenzamos esto juntos y lo terminamos juntos, que gusto compartir con ustedes los momentos de estrés y desesperación, así todo es más fácil.

A mis amigos del CICBA, por la convivencia y el ambiente tan agradable, por los múltiples comentarios que han ayudado en todos los sentidos, por las horas que pasamos juntos en esta institución.

A mis revisores por los comentarios tan acertados y que ayudaron a la mejora de este trabajo.

Sí me olvido de alguien discúlpeme, saben que ando en las nubes o en este caso con los grandes carnívoros. Gracias.

Índice	
Resumen	4
Abstract	5
Agradecimientos	6
Lista de figuras	8
Lista de cuadros	9
Introducción	10
Antecedentes	14
Justificación	18
Objetivos	19
Método	20
Área de estudio	20
Registros de depredación	22
Variables utilizadas	22
Generación de los modelos	23
Resultados (artículo)	26
Discusión general	54
Conclusión general	57
Literatura citada	58
Anexos	63
Registros de depredación por jaguar	63
Registros de depredación por puma	64

Lista de figuras

Figura 1.- Área de estudio.

Figure 1. - Brazilian biomes.

Figure 2.- Spatial model of predation risk of domestic animals by *Puma concolor* and *Panthera onca* in Brazil.

Lista de cuadros

Table 1. AUC values obtained in the evaluation of the ensemble models in each biome.

Table 2. Variables identified by MaxEnt that explain the predation risk of domestic animals by puma and jaguar per biome, as well as the intervals of risk.

Introducción

Como consecuencia del incremento de las actividades humanas las poblaciones de grandes carnívoros han enfrentado diversas amenazas como la destrucción del hábitat, disminución de presas silvestres, competencia con especies exóticas, así como la cacería directa de sus poblaciones (Azevedo y Murray 2007).

Los grandes carnívoros son especies que requieren grandes áreas de hábitat para poder satisfacer sus requerimientos ecológicos, cuando estas áreas son modificadas por acciones humanas las poblaciones de carnívoros encuentran limitantes que los obligan a entrar en contacto con los humanos provocando competencia por espacio y alimento, resultado de esta competencia en algunos casos las especies de carnívoros tienden a depredar animales domésticos (Silveira *et al.* 2008), como represalia los dueños de las especies afectadas toman ciertas medidas, algunas tan drásticas como la extirpación de la especie; esta problemática es conocida como conflicto humano-vida silvestre, de manera más específica conflicto humano-carnívoro (Treves y Karanth 2003, Zimmermann *et al.* 2005, Treves *et al.* 2011).

El conflicto humano-carnívoro es una causa significativa del decline de las poblaciones de grandes carnívoros a nivel mundial, debido principalmente a las represalias tomadas por los dueños de la especie depredada (Palmeira *et al.* 2008, Soto-Shoender y Giuliano 2011, Zarco-González *et al.* 2013), alrededor del mundo, los carnívoros y en especial los grandes felinos son las especies más perseguidas por los ganaderos por generar pérdidas económicamente más significativas sobre sus ingresos económicos.

Los principales factores hasta ahora descritos asociados a la depredación de animales domésticos por grandes carnívoros son ambientales y socio-ecológicos, algunos como las características del hábitat, prácticas de manejo del ganado, actitud y percepción hacia la fauna silvestre, tamaño de las especies presa, edad y características físicas (Azevedo y Murray 2007). Sin embargo la combinación de estos factores en distintas regiones puede ser una determinante más específica para que ocurra depredación sobre animales domésticos por grandes carnívoros.

La coexistencia entre grandes carnívoros y animales domésticos puede ser un factor que potenció el riesgo de depredación, sin embargo esta probabilidad tiende a aumentar cuando el manejo de los animales domésticos es inapropiado (falta de infraestructura en los encierros nocturnos, vacunas y alimentación complementaria), existe pérdida y fragmentación del hábitat así como una disminución de presas naturales por la cacería furtiva (Paula y Boulhosa 2015).

En Brasil, de manera particular, el conflicto con la fauna silvestre se da principalmente por depredación de animales domésticos, las especies mayormente implicadas en esta situación son el jaguar (*Panthera onca*) y el puma (*Puma concolor*) (Hoogesteijn 2001, Crawshaw 2004, Zimmermann *et al.* 2005, Palmeira *et al.* 2008). Aunque el conocimiento acerca de la depredación de animales domésticos en esta zona ha tenido un incremento significativo, no se han analizado las variables y patrones espaciales de depredación que puedan determinar el riesgo de depredación (Cavalcanti y Gese 2010). La identificación de zonas potenciales de riesgo de depredación nos permite enfocar y

proponer estrategias de manejo a fin de mitigar la depredación en las zonas más vulnerables.

Debido a las amenazas a la conservación de los grandes carnívoros a nivel internacional el jaguar se incluye en la categoría de casi amenazado (Caso *et al.* 2008) mientras que el puma está catalogado como en preocupación menor (Nielsen *et al.* 2015). A nivel nacional, el jaguar y puma son catalogadas como especies vulnerables (Azevedo *et al.* 2013, Morato *et al.* 2013). Debido al comportamiento depredador de los grandes carnívoros las personas las consideran como una amenaza para la seguridad y economía de las poblaciones humanas, aunado a esto la depredación de animales domésticos han sido factores que los productores ganaderos han tomado como argumentos para promover la cacería de estas especies (Cavalcanti *et al.* 2010, Marchini 2015, Paula y Boulhosa, 2015).

Carvalho y Morato (2013) reportan la cacería de 60 felinos en áreas naturales protegidas de Brasil en los últimos dos años en 33% de las ANP. En sólo una localidad se reportan hasta 12 jaguares y 7 pumas anualmente (Carvalho y Petuzzi 2010); la contratación de cazadores profesionales y el envenenamiento son los métodos más usados (Michalski *et al.* 2006).

Las pérdidas económicas atribuidas a la depredación varían según el bioma; sin embargo, estas pérdidas son poco significativas en comparación con otras causas como: las enfermedades, manejo y alimentación del ganado. Michalsky *et al.* (2006) reportan en la Amazonía pérdidas provocadas por depredación de hasta de

US\$1770 en 2 años; las pérdidas generadas por esta misma situación en el bioma del Cerrado superan por poco los US\$4310 por año (Palmeira *et al.* 2008); en el bioma de la Mata Atlántica se reportan pérdidas de hasta US\$1870 (Mazzolli *et al.* 2002) y hasta los US\$23,515 (Schulz *et al.* 2014), probablemente las pérdidas más significativas ocurren en el bioma del Pantanal, donde la depredación genera pérdidas económicas de hasta US\$350 a 22,750 anuales (Tortato *et al.* 2015).

Aunque las pérdidas económicas puedan ser relativamente bajas, estas representan perjuicios hacia los productores, que dependiendo de la condición económica pueden resultar en grandes pérdidas principalmente a los pequeños productores dedicados al autoconsumo como sucede en regiones del bioma de la Caatinga o regiones de la Amazonia (Ramalho *et al.* 2015)

Antecedentes

Los esfuerzos para mitigar el conflicto derivado por la depredación de animales domésticos entre humanos y grandes carnívoros se ha visto reflejado en diversos estudios, la mayoría de ellos enfocados en describir los patrones de depredación (Azevedo y Murray 2007, Palmeira *et al.* 2008), tasas de mortalidad de ganado por depredación de grandes carnívoros (Cavalcanti y Gese 2010), análisis de dieta enfocados a describir la proporción de especies domésticas consumidas por los carnívoros respecto a las especies silvestres disponibles, algunos más describen las actitudes de los ganaderos hacia la fauna silvestre (Zimmermann *et al.* 2005).

De manera que, resulta de gran utilidad identificar los patrones espaciales de riesgo de depredación de animales domésticos a nivel de bioma, a través de análisis cuantitativos y además con un enfoque predictivo para ofrecer información para la toma de decisiones del gobierno o particulares. Resulta imprescindible el analizar tanto variables espaciales como variables sociales para analizar el conflicto humano–carnívoro desde un punto de vista más integrativo (Marchini 2015).

En Brasil la identificación de áreas de riesgo se ha realizado mediante diferentes métodos y enfoques, algunos de estos aplicando técnicas como la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG), desde este enfoque Silveira *et al.* (2008) realizaron una sobreposición espacial de registros de presencia de jaguar con la capa de abundancia de ganado por municipios, ellos identificaron tres zonas con riesgo de depredación ubicadas en la región noroeste del país, los biomas que se presentaron como zonas potenciales de mayor conflicto fueron la

Amazonia, el Pantanal y el Cerrado; las variables más asociadas al riesgo de depredación fueron la deforestación para la implementación de pastizales, el acercamiento a zonas boscosas y el manejo del ganado, las medidas propuestas para la minimizar la depredación de ganado principalmente se basan en métodos visuales, auditivos o barreras físicas que pueden minimizar el contacto entre especies domésticas y grandes depredadores, algunas de estas estrategias pueden ser aplicadas a escalas pequeñas para así poder evaluar su eficiencia.

Hasta ahora los patrones espaciales de riesgo de depredación no se han analizado desde un punto de vista cuantitativo; mediante la aplicación de Modelos de Nicho Ecológico (MNE) es posible inferir dichos patrones. La aplicación de MNE ha sido ampliamente utilizada en el estudio de diferentes especies y distintos fenómenos, inicialmente para la generación de modelos de distribución potencial de vertebrados (Rodríguez-Soto *et al.* 2011, Domínguez-Vega *et al.* 2013), especies invasoras (Roura-Pascual *et al.* 2009) entre otros.

Mediante la utilización de MNE es posible generar Modelos Espaciales de Riesgo (MER) que en la actualidad han sido exitosamente aplicados, por ejemplo, para predecir el riesgo de envenenamiento de fauna silvestre (Mateo-Tomas *et al.* 2012), riesgo de ataques a humanos por carnívoros (Kushnir *et al.* 2014) y para la identificación de zonas de riesgo de depredación de ganado (Zarco-González *et al.* 2012, 2013, Abade *et al.* 2015, Carvalho *et al.* 2015, Miller *et al.* 2015), aprovechando su potencial predictivo este tipo de modelos son de gran importancia para predecir e identificar aquellas áreas y variables que influyen de manera directa sobre el riesgo de depredación (Zarco-González *et al.* 2012, 2013).

Aplicando los modelos antes mencionados se han generado modelos para predecir depredación de animales domésticos en México, Zarco-González *et al.* (2013), generaron un modelo espacial de riesgo de depredación por puma y jaguar, las variables que utilizaron fueron de tipo antropogénico, ambientales y topográficas; los registros utilizados para la generación de los modelos corresponden a sitios de ataque de puma o jaguar previamente confirmados y georreferenciados. Identificaron como variables importantes asociadas a un evento de depredación por jaguar: el porcentaje de cobertura vegetal, porcentaje de ganado en libre pastoreo, y la altitud con una correlación positiva en la depredación de ganado; para el caso del puma la altitud y la presencia de bosque son variables que pueden propiciar un evento de depredación, la densidad de ganado se presentó como una variable con correlación negativa. Para cada especie los autores realizaron modelos de ensamble con la finalidad de identificar de manera más precisa los sitios potenciales en donde puede ocurrir depredación por las dos especies de felinos en México. La principal conclusión de este trabajo demuestra que el realizar un análisis a nivel nacional utilizando criterios políticos más que biológicos puede influir en la predicción de las zonas de riesgo, la recomendación al aplicar este tipo de modelos es modelar áreas de estudio delimitadas por características en común (ecorregiones, provincias biogeográficas o biomas).

En la región de Brasil Carvalho *et al.* (2015) realizan un estudio que analiza el riesgo de depredación de ganado aplicando Modelos de Nicho Ecológico (MNE), este estudio se realizó a una escala local considerando como área de estudio una

zona buffer (900 Km) a través de la autopista Transamazónica en el bioma del Amazonas. Para la obtención de los registros se realizó trabajo de campo para la zona de estudio obteniendo un total de 84 registros de depredación asociados a jaguar, mediante una depuración solo se consideraron 64 registros para generar los modelos de riesgo.. Ellos generaron un Modelo Espacial de Riesgo (MER) utilizando variables de tipo antrópico, coberturas y tipos de vegetación, para identificar dichas zonas se generó un modelo de ensamble para la obtención de áreas más específicas comparadas con las obtenidas mediante los modelos individuales. La identificación de las variables mostró que la distancia a zonas deforestadas presenta un mayor porcentaje de contribución, seguido de la densidad de ganado y la distancia a las carreteras. La aplicación de los Modelos Espaciales de Riesgo de depredación son una herramienta de fácil aplicación y bajos costos comparados con otros métodos de monitoreo de eventos de depredación.

La aplicación de este tipo de modelos representa un avance significativo en la identificación de áreas y variables asociadas al riesgo de depredación, presenta ciertas ventajas que permiten discriminar entre variables cada vez más específicas, sin embargo el modelar a escalas locales no refleja las condiciones que predominan a nivel de bioma y estas resultan menos aplicables cuando se trata de países de dimensiones continentales como Brasil; resulta menos probable cuando se presenta gran diversidad de condiciones climáticas y características del relieve como de vegetación demasiado cambiantes, sin embargo, propias de la región, debido al conjunto de estas características, las condiciones de manejo del

ganado así como las características intrínsecas de los depredadores, es imprescindible realizar una caracterización espacial a un mayor nivel a fin de aminorar esfuerzos y enfocarlos a regiones donde las características intensifiquen el conflicto derivado de la depredación de animales domésticos.

Justificación

Debido al incremento de las actividades ganaderas en la región de Brasil, el conflicto con los grandes carnívoros por depredación de animales domésticos se ha intensificado a tal grado que las poblaciones de carnívoros han tenido un decline en sus poblaciones, actualmente los estudios realizados en esta región proveen información útil que intenta mitigar los efectos de la depredación, pero aún no se han identificado los factores espaciales asociados a estos eventos, a falta de esta información nuestro estudio pretende aplicar los Modelos de Nicho Ecológico como una herramienta novedosa y funcional que nos permita predecir zonas con las características específicas para la depredación de animales domésticos, así mismo este método nos dará una idea general de las principales variables que puedan influir en el riesgo, generando información básica y aplicable que pueda enfocarse a zonas específicas a fin de mitigar los efectos de la depredación de especies domésticas por grandes carnívoros y potencialmente disminuir la presión de cacería sobre los depredadores.

Objetivo general

Generar modelos de riesgo de depredación de animales domésticos, por grandes carnívoros en Brasil (*Panthera onca* y *Puma concolor*), utilizando modelos de nicho ecológico.

Objetivos particulares

Identificar las zonas que puedan presentar mayor riesgo de depredación en los distintos biomas de Brasil.

Identificar las variables relacionadas con el riesgo de depredación de animales domésticos en cada bioma.

Método

Área de estudio

Brasil es un país megadiverso (Costa *et al.* 2009), de acuerdo con sus características topográficas, de vegetación y clima este puede ser dividido en 6 biomas: Amazonia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlántica, Pantanal y la Pampa (Figura 1), presenta una extensión superior a los 8 500 000 Km². Se localiza en el hemisferio sur del continente americano, sus coordenadas extremas son: 5°16'19''N, -33°45'07''S, -34°47'34''E y -78°59'26''O, (IBGE 2016). Alberga una gran cantidad de especies de flora y fauna, dentro del grupo de los mamíferos ocupa el primer lugar a nivel mundial, incluyendo los dos felinos más grandes del continente: jaguar y puma, motivo por el cual el conflicto con humanos es más intenso debido a la depredación de animales domésticos.

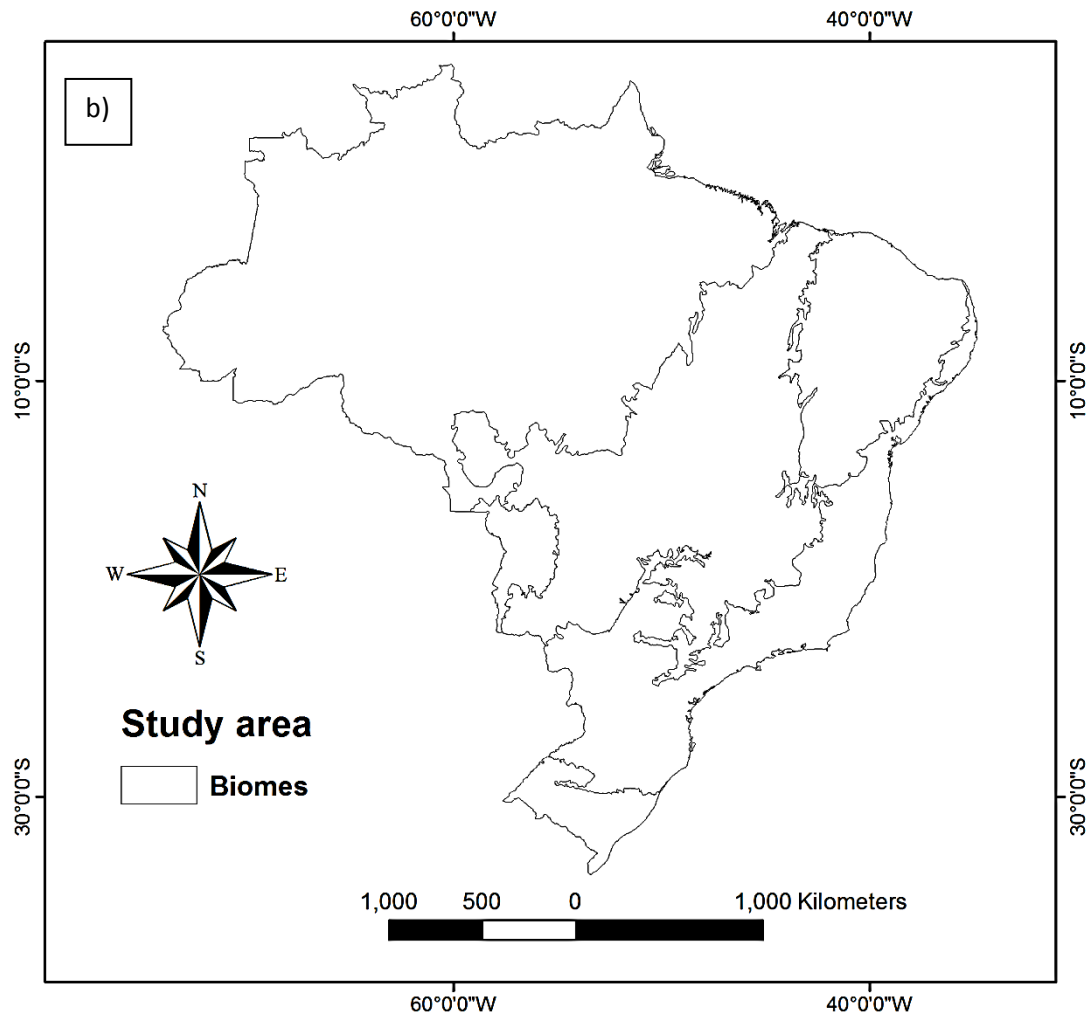


Figura 1.- a) Ubicación de Brasil en el continente americano, b) Área de estudio en Brasil, dividida por biomas.

Registros de depredación

Los registros de depredación de animales domésticos se obtuvieron de dos fuentes: 1) base de datos (2002-20016) del Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Mamíferos Carnívoros, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (CENAP-ICMBio), 2) artículos científicos (Palmeira *et al.* 2008, Mazolli *et al.* 2002, Schulz *et al.* 2014, Carvalho *et al.* 2015, Palmeira *et al.* 2015, Zanin *et al.* 2015) y tesis (Marins de Sá 2005, Souza 2015).

Con los registros se realizó una base de datos por especie, considerando los biomas incluidos en su distribución; la base de datos generada contenía datos de depredador, especie doméstica afectada, fecha, lugar y coordenadas del evento. Con el objetivo de incrementar la precisión de los registros, así como disminuir la probabilidad de un sesgo debido al muestreo, los registros se depuraron para eliminar aquellos que estaban repetidos, fuera del área de estudio y también se filtraron para analizar solo un registro por kilómetro cuadrado. Los registros fueron divididos aleatoriamente en dos subconjuntos: el 75% de los registros fueron utilizados para calibrar los modelos y el 25% restante fue utilizado para realizar la validación; considerando estos últimos como un conjunto de datos independientes (Veloz 2009).

Variables utilizadas

Se identificaron a las variables asociadas al riesgo de depredación por puma y jaguar en Brasil, estas variables fueron agrupadas en tres categorías: a) vegetación: selva alta, selva baja caducifolia, matorrales, pastizales, vegetación inundable (ESA 2010), y porcentaje de cobertura arbórea (Di Miceli 2011), b)

topográficas: altitud y pendiente (AMBDATA 2011), distancia a cuerpos de agua (IBGE 2016) y c) antrópicas: densidad de aves de corral, densidad de bovinos, densidad de porcinos, densidad de pequeños rumiantes, densidad de porcinos (FAO 2005), porcentaje de cultivos y densidad de población humana (CIESIN 2010) y distancia a carreteras (IBGE 2016); (Michalski *et al.* 2006, Azevedo y Murray 2007, Palmeira *et al.* 2008, Kissling *et al.* 2009, Carvalho *et al.* 2015). Todas las variables fueron procesadas en formato raster a una resolución de 1Km², una vez unificadas fueron sometidas a un análisis de correlación en la plataforma BioMapper V 4.0.6 para descartar aquellas variables que estuvieran altamente correlacionadas > 0.7 (Rodríguez-Soto *et al.* 2011).

Generación de los modelos

Para generar los modelos espaciales de riesgo se utilizaron seis algoritmos: Support Vector Machines (SVM), Environmental Distance (ED), Genetic Algorithm for Rule Set-Production (GARP Best Subset, Desktop-implementation) contenidos en la plataforma OpenModeller 1.1.0. A través del software R 3.3.0 (R Development Core Team, 2016) y del paquete “dismo” nosotros generamos modelos de Regresión Logística (RL) with binomial distribution, para generar los modelos respectivos se utilizaron 1000 puntos de background distribuidos aleatoriamente en el área de estudio (Hijams *et al.* 2013).

Además se utilizaron los algoritmos MaxEnt 3.3.k (Phillips *et al.* 2006), que proporciona la importancia de cada variable expresada en porcentaje de contribución; así como curvas de respuesta, y ENFA en la plataforma BioMapper V 4.0.6 (Hirzel *et al.* 2002, Hirzel *et al.* 2008).

Se generó un modelo por cada algoritmo, por especie de depredador, para cada bioma. Una vez obtenidos los modelos fueron evaluados a partir del Area Under Curve (AUC) (Hanley y McNeil 1982) utilizando el módulo Receiver Operating Characteristic (ROC) en el software IDRISI Selva; este análisis proporciona valores que van de 0-1, donde los valores cercanos a 1 indican un mejor desempeño de los modelos. Se realizaron dos evaluaciones, una evaluación externa (AUC_{ext}) obtenida con los registros de evaluación (25%) y una evaluación interna (AUC_{int}) con los registros de calibración de los modelos.

Se consideraron como modelos precisos aquellos con una evaluación mayor a 0.7, estos se incluyeron en un modelo de ensamble, una técnica que ha resultado precisa para la generación de modelos de riesgo, debido a la confiabilidad para identificar zonas con alto riesgo de depredación (Zarco-González *et al.* 2012, 2013, Carvalho *et al.* 2015). El modelo de ensamble se generó con base en la fórmula de la media ponderada que ha demostrado ser el método más adecuado al realizar modelos de ensamble (Marmion *et al.* 2009, Roura-Pascual *et al.* 2009).

Se obtuvo un modelo de ensamble para cada especie en cada bioma y se comparó su desempeño respecto a los modelos individuales. Finalmente nosotros reclasificamos el umbral de probabilidad de los modelos de ensamble en dos categorías: considerando de alto riesgo aquellas zonas que presentaban una probabilidad de depredación superior al 50% y como zonas de bajo riesgo a las que presentaron valores menores (Abade *et al.* 2015).

Posteriormente, se hizo una segunda depuración de las zonas de alto riesgo, considerando su extensión, de manera que se eliminaron los polígonos con un área menor al ámbito hogareño más pequeño reportado para las dos especies en cada bioma, para los biomas sin este dato, se consideró el ámbito hogareño más pequeño reportado para Brasil (Eisenberg y Redford 1992, Silveira 2004, Cullen *et al.* 2005, Cavalcanti y Gese 2010, Penteado 2012). Una vez delimitadas las áreas con mayor riesgo de depredación, los modelos de ambas especies fueron sobrepuestos para definir zonas donde el riesgo puede llegar a ser mayor debido a la presencia de ambas especies.

Resultados

Risk of domestic animals predation by *Puma concolor* and *Panthera onca* in Brazil, biome-scale analysis

Balbuena-Serrano, Á.^a Zarco-González, M. M.^{a*}, Monroy-Vilchis O.^a Morato, G. R.^{b,c} and De Paula, C. R.^{b,c}

^a Centro de Investigación en Ciencias Biológicas Aplicadas, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario 100, Col. Centro C.P. 50000, Toluca, Estado de México. E-mail: angel_balse@hotmail.com and tavomonroyvilchis@gamil.com

^b Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Mamíferos Carnívoros, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Atibaia, SP. Brazil. E-mail: ronaldo.morato@icmbio.gov.br and rogerio@procarnivoros.org.br

^c Instituto Pro-Carnívoros, Atibaia, SP, Brazil

*Corresponding author: Centro de Investigación en Ciencias Biológicas Aplicadas, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario 100, Col. Centro C.P. 50000, Toluca, Estado de México. E-mail: martha.zarco.g@gmail.com

Abstract

The human-wildlife conflict by the domestic animals predation had a significant impact on carnivorous populations. In Brazil, puma and jaguar are the most affected species; so it is imperative to identify the spatial patterns of predation risk at the biome level, through quantitative analysis and also with a predictive approach. Predation records database, anthropic, topographic and vegetation variables were used to generate spatial models of

predation risk using Ecological Niche Models. Ensemble models were generated in five biomes for both predators. Approximately 17% of area was identified as high predation risk for puma and 18% for jaguar. The variables associated with the predation risk were different between species and biomes. The predation risk for puma is mainly caused by anthropic variables, whereas for jaguar by a combination of anthropic variables and vegetation types. The generation of spatial models allows to predict and to identify areas with high risk of predation, as well as the variables that characterize them. Analysis of biome-scale information, coupled with the availability of reliable data and the implementation of statistically robust methods, provides a more specific perspective of spatial patterns of predation. Such results can be used in the application of strategies in order to mitigate the predation of domestic animals.

Keywords: Biomes, Carnivores, Conflict, Spatial risk model, Variables.

Introduction

The increase in human activities has had direct consequences on large carnivores such as habitat loss and fragmentation, decrease of wild prey, competition with exotic species, as well as hunting, which in some cases has resulted in local extinctions (Azevedo and Murray, 2007). Due to their ecological requirements, these species need large areas to survive (Inskip and Zimmermann, 2009; Treves and Karanth, 2003); when areas are modified, carnivores have limitations that force them to come into contact with humans, coinciding in the use of resources such as space and food. As a result of this situation some carnivores tend to depredate domestic animals, in response the affected farmers frequently

hunt them (Silveira et al., 2008); a problem known worldwide as human conflict-wildlife or more specifically human-carnivore conflict (Inskip and Zimmermann, 2009).

Globally, conflict with human is considered as one of the main causes of local extinction of large carnivores (Palmeira et al., 2008; Soto-Shoender and Giuliano, 2011; Zarco-González et al., 2013). Environmental and socioeconomic characteristics, livestock management practices, location of pens, availability of wild prey and water sources or even the physical conditions of domestic animals increase the risk of predation (Azevedo and Murray, 2007; Inskip and Zimmermann, 2009; Treves et al., 2011).

In Brazil the conflict occurs mainly with jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) due to the predation of domestic animals and by few knowledge about the species (Crawshaw, 2004; Palmeira et al., 2008; Zimmermann et al., 2005). Worldwide the jaguar is included in the category of almost threatened, while the puma is classified as least concern (IUCN, 2017), in Brazil both are vulnerable species (Azevedo et al., 2013; Morato et al., 2013). Due to the predatory behavior of the great carnivores, people consider them as a threat to the security and economy of human populations, and in addition the predation of domestic animals have been factors that the cattle producers have taken as an argument to persecute these species (Cavalcanti et al., 2010; Marchini, 2015; Paula and Boulhosa, 2015). Carvalho and Morato (2013), report the hunting of 60 felids, during the last two years, in 33% of protected natural areas of Brazil. In only one locality 12 jaguars and 7 pumas were hunted annually (Carvalho and Petuzzi, 2010); the hiring of professional hunters and poisoning are the most used methods (Michalski et al., 2006).

The economic losses attributed to predation vary according to the biome; however, these losses are not significant, compared with diseases, lack of sanitary management and feeding of livestock. Michalski et al., (2006), reported losses in the Amazon caused by predation of up to US \$ 1770 in 2 years; the losses generated by this same situation in Cerrado biome exceed US \$ 4310 per year (Palmeira et al., 2008); in the Atlantic forest biome, up to US \$ 1870 (Mazzolli et al., 2002) and US \$ 23,515 (Schulz et al., 2014). The most significant losses occur in Pantanal biome, where they represent between US \$ 350 and 22,750 annually (Tortato et al., 2015).

The issue of predation of domestic animals has been analyzed in Brazil from different approaches; most of the studies have described the predation patterns, mortality rates and perceptions of the farmers towards the predators (Azevedo and Murray 2007; Cavalcanti and Gese, 2010; Palmeira et al., 2008). Other studies have identified potential areas of predation risk at the local level (Carvalho et al., 2015). Thus, it is very useful to identify the spatial patterns of predation risk of domestic animals at the biome scale, through quantitative analysis and also with a predictive approach to provide information for government or private decision makers.

A tool used to identify these spatial patterns is the Ecological Niche Models (ENM, Carvalho et al., 2015; Davie et al., 2014; Miller, 2015; Zarco-González et al., 2013). The first studies that applied ENM identified potential distribution of species and priority conservation areas (Rodríguez-Soto et al., 2011), were used too to predict the dispersal zones of invasive species (Roura-Pascual et al., 2009). Through the use of ENM it is possible to generate Spatial Risk Models (SRM) that have been successfully applied, for example, to predict the risk of wildlife poisoning (Mateo-Tomas et al., 2012), risk of human

attacks by carnivores (Kushnir et al., 2014) and for the identification of livestock predation areas risk (Carvalho et al., 2015; Miller et al., 2015; Zarco-González et al., 2012, 2013). The objective of these models is to identify areas with specific characteristics to allow an event to occur, also allowing the identification of the variables associated with the phenomenon studied, facilitating the application of preventive actions that mitigate the conflict between humans-carnivores (Treves et al., 2011).

The objective of the present study was to generate spatial models of risk of domestic predation by jaguar and puma in Brazil, using ENM, as well as to identify the explanatory variables in each biome.

Methods

Study area

Brazil is a megadiverse country, according to its topographical characteristics, vegetation and climate this can be divided into 6 biomes (Fig. 1), have more than 8 500 000 Km². Its extreme coordinates are 5°16'19''N, -33°45'07''S, -34°47'34''E y -78°59'26''W, (IBGE, 2016). It hosts a large number of species of flora and fauna, within the group of mammals occupies the first place worldwide, including the two largest felines of the continent: *Panthera onca* and *Puma concolor*.

Predation records

The records were obtained from three sources: 1) database (2002-20016) of the Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Mamíferos Carnívoros, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (CENAP-ICMBio), 2) scientific papers (Carvalho et al.,

2015; Mazolli et al., 2002; Palmeira et al., 2008; Palmeira et al., 2015; Schulz et al., 2014; Zanin et al., 2015) and professional thesis (Marins de Sá, 2005; Souza, 2015).

With the records, a database was made by species, considering its distribution in the biomes. The database included the species predator, affected domestic species, date, location and coordinates of event predation. In order to increase the records accuracy, as well as reduce the probability of a bias due to sampling, the records were deputed to eliminate those that were repeated and also filtered to analyze only one record per square kilometer. The records were randomly divided into two subsets: 75% of records were used to calibrate the models and the remaining 25% to the validation; considering the latter as a set of independent data (Veloz, 2009).

Analyzed variables

The influence of the following variables on the predation risk was analyzed: a) vegetation: Broadleaved evergreen forest, needle leaved deciduous, scrubland, grassland, flooded vegetation (ESA, 2010), and percentage of tree cover (DiMiceli, 2011), b) topographic: altitude, slope (AMBDATA, 2011) and distance to water sources (IBGE, 2016) and c) anthropic: poultry density, bovine density, porcine density, small ruminant density (FAO, 2005), percentage of crops, human population density (CIESIN, 2010) and distance to roads (IBGE, 2016). All variables were processed in raster format at a resolution of 1 Km, once unified they were subjected to a correlation analysis in the platform BioMapper V 4.0.6 to discard those variables that were highly correlated (>0.7 Rodríguez-Soto et al., 2011).

Generation and evaluation of risk models

To generate spatial risk models, six algorithms were used: Support Vector Machines (SVM), Environmental Distance (ED), Genetic Algorithm for Rule Set-Production (GARP Best Subset, Desktop-implementation) on the OpenModeller 1.1.0 platform. In the software R 3.3.0 (R Development Core Team 2016) and with package “dismo” we generate models of logistic regression (LR) with binomial distribution, for that 1000 background points were randomly distributed in the study area (Hijams et al., 2013). In addition, we used the algorithms Maximum Entropy (MaxEnt 3.3.k Phillips et al., 2006), which provides the importance of each variable expressed as contribution percentage; as well as response curves, and Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) on BioMapper V 4.0.6 (Hirzel et al., 2002, Hirzel et al., 2008).

A model was generated for algorithm, by predator species, of each biome. Once the models were obtained, they were evaluated from the Area Under Curve (AUC) (Hanley and McNeil, 1982) using the module Receiver Operating Characteristic (ROC) on the software IDRISI Selva; this analysis provides values ranging from 0-1, where values close to 1 indicate a better performance of the models. Two evaluations were carried out, external evaluation (AUC_{ext}) obtained with the validation records (25%) and an internal evaluation (AUC_{int}) with the calibration records of the models.

We considered accurate models those with evaluation greater than 0.7, these were included in ensemble model, a technique that has proved robust for the generation of risk models, due to the reliability to identify areas (Carvalho et al., 2015; Zarco-González et al., 2012, 2013). The ensemble model was generated based on the weighted average that has proven

to be the most appropriate method (Marmion et al., 2009; Roura-Pascual et al., 2009). Ensemble model was obtained for species in each biome; their performance was compared to the individual models. Finally, we reclassified the probability threshold of the ensemble models into two categories: considering as high risk those areas that presented probability of predation higher than 50% and low risk areas <50% (Abade et al., 2015).

Subsequently, a second depuration of the high risk zones was made, considering its extension, so that the polygons with area minor than the smallest home range reported for the species in each biome; in the biome there was no information about this data, it was considered the smallest home range reported in Brazil (Cavalcanti and Gese, 2010; Cullen et al., 2005; Penteadó, 2012; Silveira, 2004). Once the areas with the highest risk of predation were delimited, the models of both species were overlapped to define areas with greater.

Results

We obtained 831 predation records of domestic animals by puma and jaguar in Brazilian biomes. The highest records corresponding to the CENAP-ICMBio database with 595 (72%), 168 of scientific literature (20%) and 68 unpublished data provided by other researchers (8%). Once the depuration criteria were applied, 593 predation records in the 5 biomes: 370 puma records and 223 for jaguar.

Three algorithms presented AUC_{int} sufficiently high to be included in all ensemble models for both species (MaxEnt, LR and GARP). All ensemble models showed adequate performance, with AUC values above 0.85 (Manel et al., 2001. Table 1).

Table 1 Here

The variables associated with the predation risk of domestic animals by puma show little variation between biomes. In most cases the risk is related to anthropic variables (human population density, percentage of crops, distance to roads and cattle density), only in the Atlantic Forest biome the altitude was the variable with higher contribution percentage (Table 2). The ensemble model of predation risk by puma indicated that approximately 17% of area presents high risk (Fig. 2).

Regarding the predation risk by jaguar, we identified that the important variables in most biomes were the density of domestic animals, distance to roads and human population density. In particular, in Amazonia and Pantanal biomes the variables with highest contribution percentage were the needle leaved evergreen forest and the floodable vegetation, respectively (Table 2). Altogether, the high risk areas for jaguar predation is approximately 18% of area (Fig. 2).

The high risk areas of predation by the two felids species are distributed throughout the country: for the Amazonia biome areas with high risk, approximately 15%, in some regions of northern Roraima, in the states Amapá, Pará and Maranhão, mainly on the border with the Cerrado biome. In the same way occurs in the south of Amazonia, where the regions with the highest predation risk are the north of Mato Grosso and the states of Rondônia and Acre. These areas coincide with the region known as the "arc of deforestation", there are also some areas bordering the Amazon River and the Transamazon Highway.

The Caatinga biome presented the highest percentage of area with high predation risk (33%), in contrast to Pantanal (7%), where the generated models predicted specific areas, mainly in north of Mato Grosso, in addition to some small areas to the south of Mato

Grosso do Sul. In the Cerrado, the high risk zones (32%) are mainly to the center and south, in the states of Mato Grosso do Sul, southern region of Mato Grosso, Goiás and Minas Gerais; where are some of most important cities of the center-west region of the country, like Belo Horizonte, Goiânia, Campo Grande, besides the Brazilian capital.

Like Caatinga in the Atlantic Forest biome, we identify that the high risk has a relatively homogeneous distribution (30%), since it occurs from the south to the north of the biome. Although, it is important to emphasize that the areas of greatest extension identified are in the East coast, coinciding with the cities São Paulo, Rio de Janeiro and Espírito Santo, and others (Fig. 2).

Table 2. Here

Discussion

In Brazil are the largest populations of jaguar and puma of the world (Azevedo et al., 2013; Morato et al., 2013). However, there are high rates of habitat fragmentation by agricultural activities. This has favored the livestock predation (Cavalcanti et al., 2010). Efforts to reduce this problem have been reflected in strategies such as the creation of protected natural areas, modifications to the general wildlife law and incentives on the conservation of carnivores (Cavalcanti et al., 2010), as well as a large number of studies carried out in collaboration with national and international institutions (Morato et al., 2016; Paviolo et al., 2016).

Nevertheless, one of the most important actions has been the creation of the research center in conservation of carnivores. Data collected by this institution are the most important inputs in the generation of spatial risk models of this study, since the information contained

in this database represents a spatial and temporal analysis of the interactions between predators and domestic species. The CENAP predation database contains records from 2002 to the present was very useful, so this study generates scientific knowledge from governmental data, analyzing the problem from a spatial perspective at the country level. The predation records were verified by trained staff, so the models obtained are reliable and statistically robust. The application of ecological niche modeling for the identification of risk zones is an issue of research that has had a significant increase in recent years, favored by the implementation of more robust tools and methods (Miller, 2015; Treves et al., 2011). With this information it is possible focus planning actions and to mitigate the impact of domestic predation focus specifically on the identified areas (Miller, 2015; Treves et al., 2011).

The variables associated with the predation risk by puma and jaguar were different between species and biomes; due to characteristics of the predators (habitat use, home range, size and hunting strategy), the characteristics of the sites where they are distributed, as well as the management of the domestic species in the different biomes. This situation has been observed previously for other regions and other species (Miller et al., 2015; Zarco-González et al., 2013). Despite these differences, a predominance of variables related to anthropic disturbance associated with high-risk areas was observed. The influence of altitude on the predation risk by puma in the Atlantic Forest is a pattern that has been observed in other study areas of the same biome (Mazzolli et al., 2002; Palmeira et al., 2015) for southern Brazil, Zarco-González et al. (2012) for Mexico and Argentine Patagonia (Kissling et al., 2009). The Atlantic Forest biome have the cities with highest population density in Brazil, as well as the highest altitudinal variation, according to the

results these variables positively influence the predation of domestic animals because the conditions of higher altitude and slope increase the availability of shelters for felids, since they are not accessible to humans (Kissling et al., 2012; Palmeira et al., 2015; Schulz et al., 2014; Zarco-González et al., 2012). However, many of the reports by CENAP correspond to suburban areas, probably reflecting the capacity of the pumas to adapt to areas with a high degree of fragmentation, allowing the species to use areas inhabited by humans when the suitable habitat has been modified (Azevedo et al., 2015; Mazzolli, 2012).

In relation to the rest of the biomes (Amazonia, Caatinga and Cerrado) the most important variables identified were human population density, distance to roads and percentage of crops. This result suggests the influence of habitat fragmentation on the predation risk (Michalski et al., 2006; Palmeira et al., 2008). In the Amazonia, a negative correlation was observed between cattle density and predation risk, this relationship has been previously reported by Zarco-González et al. (2013), who attribute it to the fact that the higher density in some areas reflects an intensive management with housing and continuous vigilance of the animals, which reduces the probability of encounters between cattle and predators. The distance to roads was identified as important variable; Carvalho et al. (2015) observed that predation is positively influenced by the proximity to deforested areas, favored directly by the creation of roads. In the Caatinga, the correlation between cattle density and risk was positive, in this biome the environmental conditions are adverse for the cattle activity, which makes it unprofitable, its main objective is for self-consumption, due to this, economic investment in livestock management is low, which increases vulnerability to predators due to lack of infrastructure and vigilance (Silveira et al., 2008).

In the Cerrado, predation of cattle is mainly by puma (Palmeira et al., 2008), the zones identified as high risk are located in a highly fragmented region, mainly by crops and roads; these two variables in addition to human population density were important for the model and are associated with the expansion of human settlements. As a consequence of the fragmentation, there is a low availability of habitat and a decrease of wild prey, which, together with the opportunistic behavior of these felids, are factors that favor the consumption of domestic animals, even near or within suburban areas (Cavalcanti and Gese, 2010; Mazzolli, 2012; Polisar et al., 2003).

For the jaguar, the identified variables coincide with data previously published in regions of its distribution (Carvalho et al., 2015; Michalski et al., 2006; Zarco-González et al., 2013). This study suggests that the risk of predation in Amazonia is mainly due to the percentage of high forest and the density of domestic animals (bovine and porcine). The results are consistent with previous studies carried out in the Amazon, where the predation risk is related with the fragmentation caused by roads (Transamazon Highway), occurring in the agricultural borders of the region called "arc of deforestation" (Carvalho et al., 2015; Michalski et al., 2006). According to this study, broadleaved evergreen forest, in a range of 40 to 80% of coverage, has a positive influence on the predation risk, this corresponds to fragmented areas where there are remnants of vegetation can function as part of the home range of some individuals of jaguar (Zarco-González et al., 2013), but are not large enough to maintain populations of wild prey (Inskip and Zimmerman, 2009; Polisar et al., 2003; Ramalho et al., 2015).

The predation risk by jaguar in Pantanal is positively influenced by the percentage of flooded vegetation in range from 60 to 100%, with cattle being the domestic species that

presents the highest probability of being depredated (Cavalcanti, 2006; Cavalcanti and Gese, 2010). The important variables for the model are consistent with those reported by Azevedo and Murray (2007), they mentioned that the distance to forest is the variable that most influences the risk of predation. Coinciding with the importance of the vegetation flood and therefore of the seasonality as factors that increase the risk in this biome.

Cavalcanti and Gese (2010), reported that rates of cattle predation increase in the dry season, mainly by the low availability of the main wild prey (*Caiman yacare* and *Tayassu pecari*), they mention that the predation of domestic animals is due to the opportunistic behavior of the jaguar, similar data are reported for flooded areas of the Amazon River Basin (Ramalho, 2012). For the Amazon as well as the Pantanal, the percentages and distance to dense vegetation have important role on the predation risk (Michalski et al., 2006), since it has been described that areas with these characteristics favor the rearing by large carnivores (Azevedo and Murray, 2007; Miller, 2015).

For the Cerrado, the risk of predation is associated with the density of cattle (Palmeira et al., 2008), while for the Atlantic Forest is associated with the density of small ruminants, this pattern has been observed for puma, showing a preference for depredating sheep, goats and to a lesser extent small cattle (Mazolli et al., 2002). Schulz et al. (2014), suggest that the predation risk to small ruminants (sheep and goats) in this region is influenced by the extensive management of these species, even some of the reported attacks occurred within protected natural areas.

Several studies agree that livestock management is the main factor that may lead to or limit the predation risk (Miller, 2015; Zarco-González et al., 2013), this study did not analyze this type of variables, because data about grazing livestock or infrastructure of ranches are

scarce, the incorporation of this information to the SRM would complement the analysis and generate an integral perspective of the predation of domestic animals.

The use of SRM provides a significant advantage over other methods used to evaluate predation of domestic animals. First, it emphasizes its ability to predict potential zones, analyze different variables and low costs for its generation (Carvalho et al., 2015), the ease with which the results can be interpreted, as well as the feasibility of being diffused and applied by different decision makers, including farmers, researchers and government institutions (Treves et al., 2011). Finally, another advantage of SRM is the possibility of feedback and updating of the data on which they are based, being also possible field validation, a key function to complete the monitoring of the whole country (Miller, 2015; Treves et al., 2011); In this sense, we recommend the generation of SRM of predation at a local scale, which would enable the analysis with higher resolution. The areas where there is a greater predation risk of domestic livestock by puma and jaguar in 5 biomes of Brazil were identified, evidencing the efficiency of SRM to mitigate the impact of predation, generating information for decision making. In general, the variables that directly influence the risk are related to disturbance and human activities.

Acknowledgements

We thank Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) for the scholarship granted to A. Balbuena-Serrano, to Universidad Autónoma del Estado de México and Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade for financig this study, to Elildo A. R. Carvalho Jr., Silvia Neri Godoy and Paulo Roberto Amaral for provide depredation records. We also grateful to the staff of CENAP for logistical support.

References

- Abade, L., Macdonald, D.W., Dickman, A.J., 2014. Assessing the relative importance of landscape and husbandry factors in determining large carnivore depredation risk in Tanzania's Ruaha landscape. *Biol. Conserv.* 180, 241–248.
- Azevedo, A.C., Murray, D.L., 2007. Evaluation of potential factors predisposing livestock to predation by jaguars. *J. Wildl. Manage.* 71(7), 2379–2386.
- Azevedo, F.C., Lemos, F.G., de Almeida, L.B., de Campos, C.B., de Mello Beisiegel, B., de Paula, R.C., Crawshaw, P.G., Ferraz, K.M., de Oliveira, T.G., 2013. Avaliação do risco de extinção da onça-parda *Puma concolor* (Linnaeus, 1771) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*. 1, 107-121.
- Carvalho, E.A.R., Pezzuti, J.C., 2010. Hunting of jaguars and pumas in the Tapajós–Arapuins Extractive Reserve, Brazilian Amazonia. *Oryx*. 44, 610-612.
- Carvalho, E.A.R., Morato, R.G., 2013. Factors affecting big cat hunting in Brazilian protected areas. *Trop. Conserv. Sci.* 6(2), 303-310.
- Carvalho, E.A.R., Zarco-González, M.M., Monroy-Vilchis, O., Morato, R.G., 2015. Modeling the risk of livestock depredation by jaguar along the Transamazon highway, Brazil. *Basic. Appl. Ecol.* 16(5), 413-419.
- Cavalcanti, S.M.C., 2006. Aspects of livestock depredation by jaguars in the southern Pantanal, Brazil. Pages 217-228 in: Morato, R.G., Rodrigues, F.H.G., Eisirik, E., Mangini, P.R., Azevedo, F.C.C., Marinho-Filho, J. (Eds). *Manejo e conservação de carnívoros neotropicais*. IBAMA/CENAP, São Paulo, Brasil.

Cavalcanti, S.M.C., Gese, E.M., 2010. Kill rates and predation patterns of jaguars (*Panthera onca*) in the southern Pantanal, Brazil. *J. Mammal.* 91(3), 722–736.

Cavalcanti, S.M.C., Marchini, S., Zimmermann, A., Gese, E.M., Macdonald, D.W., 2010. Jaguars, livestock, and people in Brazil: realities and perceptions behind the conflict. USDA National Wildlife Research Center–Staff Publications.

Paula, R.C., Boulhosa, R., 2015. Caracterização do conflito: Aspectos Socioculturais e impactos econômicos. In: Cavalcanti, S.M.C., Paula, R.C., Gasparini-Morato, R.L. (Eds). *Conflitos com mamíferos carnívoros. Uma referência para o manejo e a convivência.* CENAP/ICMBio, São Paulo, Brasil.

Center for International Earth Science Information Network-CIESIN Columbia University and Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT. (2010). Gridded Population of the World, Version 3 (GPWv3): Population Density Grid, Future Estimates. Palisades, NY: NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC). Available from <http://dx.doi.org/10.7927/H4ST7MRB>. (Accessed 15.04.2016).

Cullen, L., Abreu, K., Sana, D., Nava, A., 2005. Jaguars as landscape detectives for the upper Paraná River corridor, Brazil. *Natureza & Conservação.* 3, 43-58.

Crawshaw, P., 2004. Depredation of domestic animals by large cats in Brazil. *Hum. Dimens. Wildl.* 9, 329–330.

Davie, H.S., Murdoch, J.D., Lhagvasuren, A., Reading, R.P., 2014. Measuring and mapping the influence of landscape factors on livestock predation by wolves in Mongolia. *J. Arid Environ.* 103, 85-91.

DiMiceli, C.M., Carroll, M.L., Sohlberg, R.A., Huang, C., Hansen, M.C., Townshend, J.R.G., 2011. Annual Global Automated MODIS Vegetation Continuous Fields (MOD44B) at 250m Spatial Resolution for Data Years Beginning Day 65, 2000-2010, Collection 5 Percent Tree Cover, University of Maryland, College Park, MD, USA.

European Space Agency (2010). Global Land Cover Map. Available from http://due.esrin.esa.int/page_globcover.php (Accessed 15.05.2016).

Food and Agriculture Organization (2014) Density of livestock 2005. Food and Agricultural Organization of the United Nations Statistical Databases. Available from <http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home> (Accessed 15.05.2016).

Hanley, J.A., McNeil, B.J., 1982. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology*. 143, 29–36.

Hijmans, R.J., Phillips, S., Leathwick, J., Elith, J., 2013. dismo: Species distribution modeling. R package version 0.8-17.

Hirzel, A.H., Hausser, J., Chessel, D., Perrin, N., 2002. Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data? *Ecology*. 83(7), 2027-2036.

Hirzel, A.H., 2008. Biomapper 4.0 version 4.0.6.370. <<http://www.unil.ch/biomapper>>. (Accessed 04.06.2016).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2016). http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm (Accessed 05.05.2016).

Inskip, C., Zimmermann, A., 2009. Human-felid conflict: a review of patterns and priorities worldwide. *Oryx*. 43, 18-34.

International Union for Conservation of the Natural (IUCN) (2017) <http://dx.doi.org/10.7927/H4ST7MRB> (Accessed 05.09.2016).

Kissling, W.D., Fernández, N., Paruelo, J.M., 2009. Spatial risk assessment of livestock exposure to pumas in Patagonia, Argentina. *Ecography*. 32, 807–817.

Kushnir, H., Weisberg, S., Olson, E., Juntunen, T., Ikanda, D., Packer, C., 2014. Using landscape characteristics to predict risk of lion attacks on humans in south-eastern Tanzania. *Afr. J. Ecol.* 52(4), 524-532.

Manel, S., Williams, H.C., Ormerod, S.J., 2001. Evaluating presence–absence models in ecology: the need to account for prevalence. *J. Appl. Ecol.* 38(5), 921-931.

Marchini, S., 2015. Por que promover a conservação dos carnívoros? In: Cavalcanti, S.M.C., Paula, R.C., Gasparini-Morato, R.L. (Eds). *Conflitos com mamíferos carnívoros. Uma referência para o manejo e a convivência*. CENAP/ICMBio. São Paulo, Brasil.

Marins de Sá, L.G., 2005. Análise da predação de *Puma concolor* em rebanhos domésticos na região do Parque Nacional de São Joaquim e entorno, SC, Brasil. Tese de Maestrado em Ecologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Marmion, M., Hjort, J., Thuiller, W., Luoto, M., 2009. Statistical consensus methods for improving predictive geomorphology maps. *Comput. Geosci.* 35, 615–625.

Mateo-Tomás, P., Olea, P.P., Sánchez-Barbudo, I.S., Mateo, R., 2012. Alleviating human–wildlife conflicts: identifying the causes and mapping the risk of illegal poisoning of wild fauna. *J. Appl. Ecol.* 49(2), 376-385.

Mazzolli, M., Graipel, M.E., Dunstone, N., 2002. Mountain lion depredation in southern Brazil. *Biol. Conserv.* 105(1), 43-51.

Mazzolli, M., 2012. Natural recolonization and suburban presence of pumas (*Puma concolor*) in Brazil. *J. Ecol. Nat. Environ.* 4(14), 344-362.

Michalski, F., Boulhosa, R.L.P., Faria, A., Peres, C.A., 2006. Human–wildlife conflicts in a fragmented Amazonian forest landscape: determinants of large felid depredation on livestock. *Anim. Conserv.* 9(2), 179-188.

Miller, J.R., 2015. Mapping attack hotspots to mitigate human–carnivore conflict: approaches and applications of spatial predation risk modeling. *Biodivers. Conserv.* 24(12), 2887-2911.

Miller, J.R., Jhala, Y.V., Jena, J., Schmitz, O.J., 2015. Landscape-scale accessibility of livestock to tigers: implications of spatial grain for modeling predation risk to mitigate human–carnivore conflict. *Ecol. Evol.* 5(6), 1354-1367.

Morato, R.G., de Mello Beisiegel, B., Ramalho, E.E., de Campos, C.B., Boulhosa, R.L.P., 2013. Avaliacao do risco de extincao da Onca-pintada *Panthera onca* (Linnaeus, 1758) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira.* 1, 122-132.

Morato, R.G., et al., 2016. Space Use and Movement of a Neotropical Top Predator: The Endangered Jaguar. *PLoS ONE.* 11(12), 1-17.

Oliveira, T.G., Ramalho, E.E., Paula, R.C., 2012. Red List assessment of the jaguar in Brazilian Amazonia. *Cat News* 7:8–13.

Palmeira, F., Crawshaw, P., Haddad, C., Ferraz, K., Verdade, L., 2008. Cattle depredation by puma (*Puma concolor*) and jaguar (*Panthera onca*) in centralwestern Brazil. *Biol. Conserv.* 141:118–125.

Palmeira, F.B.L., Trinca, C.T., Haddad, C.M., 2015. Livestock Predation by Puma (*Puma concolor*) in the Highlands of a Southeastern Brazilian Atlantic Forest. *Environ. Manage.* 56(4), 903-915.

Paviolo, A., et al., 2016. A biodiversity hotspot losing its top predator: The challenge of jaguar conservation in the Atlantic Forest of South America. *Sci. Rep.* 6, 1-16.

Penteado, M.J.F., 2012. Áreas de vida, padrões de deslocamento e seleção de habitats por pumas (*Puma concolor*) e jaguatiricas (*Leopardus pardalis*), em paisagens fragmentadas de São Paulo. Tese de Doutorado. Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol. Model.* 190, 231–259.

Polisar, J., Maxit, I., Scognamillo, D., Farrell, L., Sunquist, M.E., Eisenberg, J.F., 2003. Jaguars, pumas, their prey base, and cattle ranching: ecological interpretations of a management problem. *Biol. Conserv.* 109(2), 297-310.

Ramalho, E.E., 2012. Jaguar (*Panthera onca*) population dynamics, feeding ecology, human induced mortality, and conservation in the várzea floodplain forests of Amazonia PhD thesis, University of Florida.

Ramalho, E.E., Carvalho, E.A.R., Main, M.B., 2015. Considerações sobre conflitos entre homem e mamíferos carnívoros na Amazônia Brasileira. In: Cavalcanti, S.M.C., Paula, R.C., Gasparini-Morato, R.L. (Eds). Conflitos com mamíferos carnívoros. Uma referência para o manejo e a convivência. CENAP/ICMBio. São Paulo, Brasil.

Rodríguez-Soto, C., Monroy-Vilchis, O., Maiorano, L., Boitani, L., Faller, J.C., Briones, M.A., Falcucci, A., 2011. Predicting potential distribution of the jaguar (*Panthera onca*) in Mexico: identification of priority areas for conservation. *Divers. Distrib.* 17(2), 350-361.

Roura-Pascual, N., Brotons, L., Peterson, A.T., Thuiller, W., 2009. Consensual predictions of potential distributional areas for invasive species: a case study of Argentine ants in the Iberian Peninsula. *Biol. Invasions.* 11(4), 1017-1031.

Schulz, F., Printes, R.C., Oliveira, L.R., 2014. Depredation of domestic herds by pumas based on farmer's information in Southern Brazil. *J. Ethnobiol. Ethnomed.* 10(1), 1-11.

Silveira, L., 2004. Ecologia comparada e conservação da onça-pintada (*Panthera onca*) e onça-parda (*Puma concolor*), Cerrado e Pantanal. PhD thesis, Universidade de Brasília.

Silveira, L., Boulhosa, R.L.P., Astete, S., Almeida-Jácomo, A.T., 2008. Management of Domestic Livestock Predation by Jaguars in Brazil. *CAT News Special Issue 4, the Jaguar in Brazil.* pages 26-30.

Soto-Shoender, J.R., Giuliano, W.M., 2011. Predation on livestock by large carnivores in the tropical lowlands of Guatemala. *Oryx.* 45(4), 561–568.

Souza, L., 2015. Predação por *Puma concolor* Linnaeus 1771 (Carnivora, Felidae) a rebanhos domésticos no município de Itaetê, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. Tese de Maestrado, Universidade Estadual de Feira de Santana.

Tortato, F.R., Layme, V.M.G., Crawshaw, P.G., Izzo, T.J., 2015. The impact of herd composition and foraging area on livestock predation by big cats in the Pantanal of Brazil. *Anim. Conserv.* 18(6), 539-547.

Treves, A., Karanth, K.U., 2003. Human-carnivore conflict and perspectives on carnivore management worldwide. *Conserv. Biol.* 17, 1491–1499.

Treves, A., Martin, K.A., Wydeven, A.P., Wiedenhoeft, J.E., 2011. Forecasting environmental hazards and the application of risk maps to predator attacks on livestock. *BioScience.* 61(6), 451-458.

Variáveis ambientais para Modelos de Distribuição de Espécies (2011). Modelo Digital de Elevação (MDE). Available from <http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/altitude.php> (Accessed april-2016).

Veloz, S.D., 2009. Spatially autocorrelated sampling falsely inflates measures of accuracy for presence-only niche models. *J. Biogeogr.* 36, 2290–2299.

Zanin, M., Sollmann, R., Tôrres, N.M., Furtado, M.M., Jácomo, A.T., Silveira, L., De Marco, P., 2015. Landscapes attributes and their consequences on jaguar *Panthera onca* and cattle depredation occurrence. *Eur. J. Wildl. Res.* 61(4), 529-537.

Zarco-González, M.M., Monroy-Vilchis, O., Rodríguez-Soto, C., Urios, V., 2012. Spatial factors and management associated with livestock depredation by *Puma concolor* in Central Mexico. *Hum. Ecol.* 40, 631–638.

Zarco-González, M.M., Monroy-Vilchis, O., Alaníz, J., 2013. Spatial model of livestock predation by jaguar and puma in Mexico: Conservation planning. *Biol. Conserv.* 159, 80-87.

Zimmermann, A., Walpole, M.J., Leader-Williams, N., 2005. Cattle ranchers' attitudes to conflicts with jaguar *Panthera onca* in the Pantanal of Brazil. *Oryx.* 39(4), 406–412.

Table 1. AUC values obtained in the evaluation of the ensemble models in each biome.

Species	Biome	Algorithms used for ensemble models	Ensemble models (AUC)
<i>Puma concolor</i>	Amazonia	MaxEnt, SVM, GARP, LR, ENFA	0.895
	Caatinga	MaxEnt, ED, GARP, LR	0.868
	Cerrado	MaxEnt, SVM, ED, GARP, LR, ENFA	0.916
	Atlantic Forest	MaxEnt, SVM, ED, GARP, LR, ENFA	0.94
<i>Panthera onca</i>	Amazonia	MaxEnt, SVM, GARP, LR	0.913
	Cerrado	MaxEnt, SVM, ED, GARP, LR, ENFA	0.955
	Atlantic Forest	MaxEnt, SVM, ED, GARP, LR, ENFA	0.952
	Pantanal	MaxEnt, ED, GARP, LR, ENFA	0.985

Table 2. Variables identified by MaxEnt that explain the predation risk of domestic animals by puma and jaguar per biome, as well as the intervals of risk.

	Biome	Variable	Contribution percentage	Interval of greater risk	Influence
<i>Puma concolor</i>	Amazonia	Density of cattle	29.7	0-100 ind/Km ²	Negative
		Density of human population	21.3	200-7000 hab/Km ²	Positive
		Distance to roads	14.6	0-25 Km	Negative
	Caatinga	Density of human population	31.3	500-7000 hab/Km ²	Positive
		Density of cattle	28.7	10-30 ind/Km ²	Positive
		Percentage of crops	18.1	0-20%/Km ²	Negative
	Cerrado	Distance to roads	28.3	0-5 Km	Negative
		Density of human population	20.4	200-3000 hab/Km ²	Positive
		Percentage of crops	11.0	10-50%/Km ²	Positive
	Atlantic forest	Altitude	42.6	600-2000 mals	Positive
Density of human population		17.0	200-8000 hab/Km ²	Positive	
Percentage of crops		10.3	0-20%/Km ²	Negative	
<i>Panthera onca</i>	Amazonia	Broad leaved evergreen	27.9	40-80%/ Km ²	Positive
		Density of cattle	16.3	0-60 ind/Km ²	Positive
		Density of pigs	10.1	0-160 ind/Km ²	Positive
	Cerrado	Distance to roads	45.9	0-50 Km	Negative
		Density of cattle	12.5	0-130 ind/Km ²	Positive
		Density of human population	10.3	0-2500 hab/Km ²	Positive
	Atlantic Forest	Distance to roads	41.0	0-50 Km	Negative
		Distance to water body	21.6	0-20 Km	Negative
		Density of small ruminants	8.3	0-10 ind/Km ²	Negative
	Pantanal	Flooded vegetation	35.7	60-100%/Km ²	Positive
Distance to roads		19.4	0-15 Km	Negative	
Density of cattle		17.1	0-20 ind/Km ²	Negative	

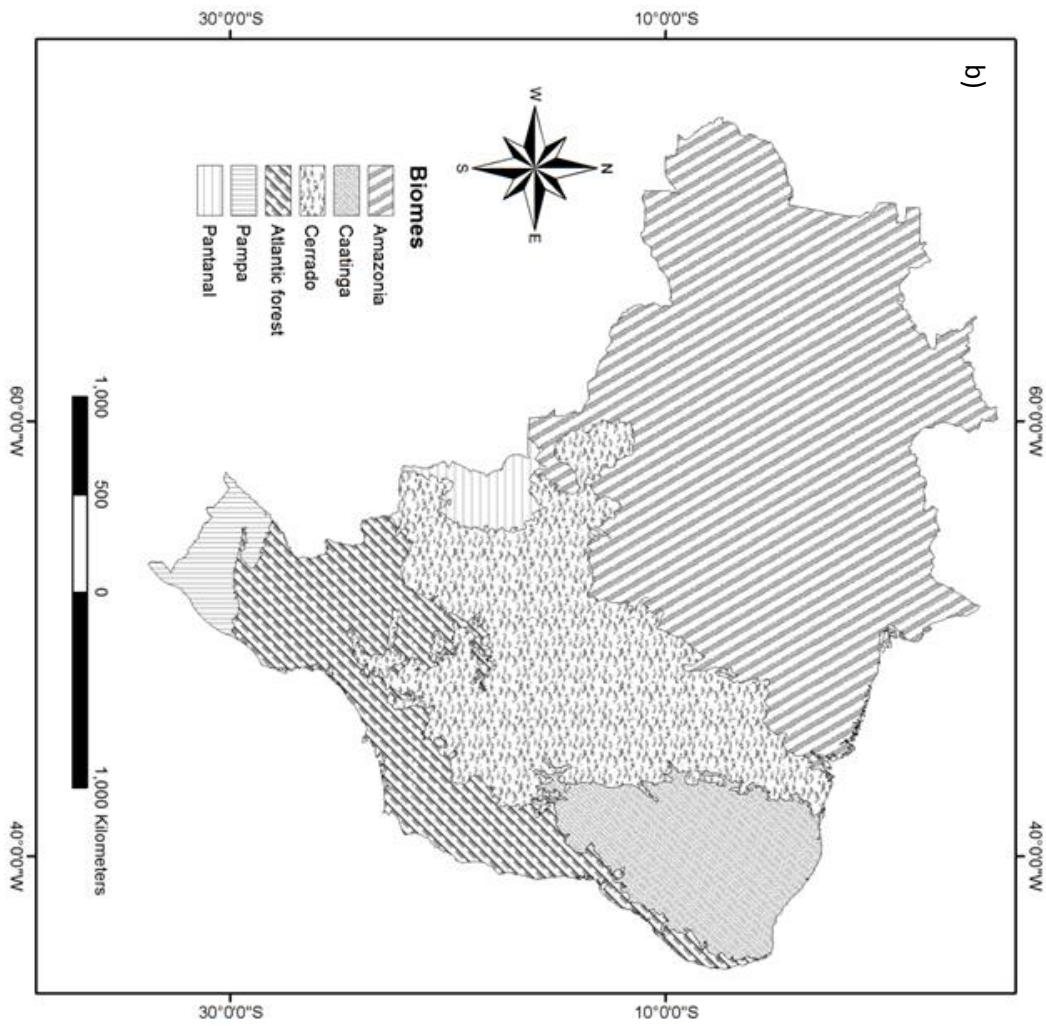


Figure 1 a) Location of Brazil in the American continent, b) Study area in Brazil, divided by biomes.

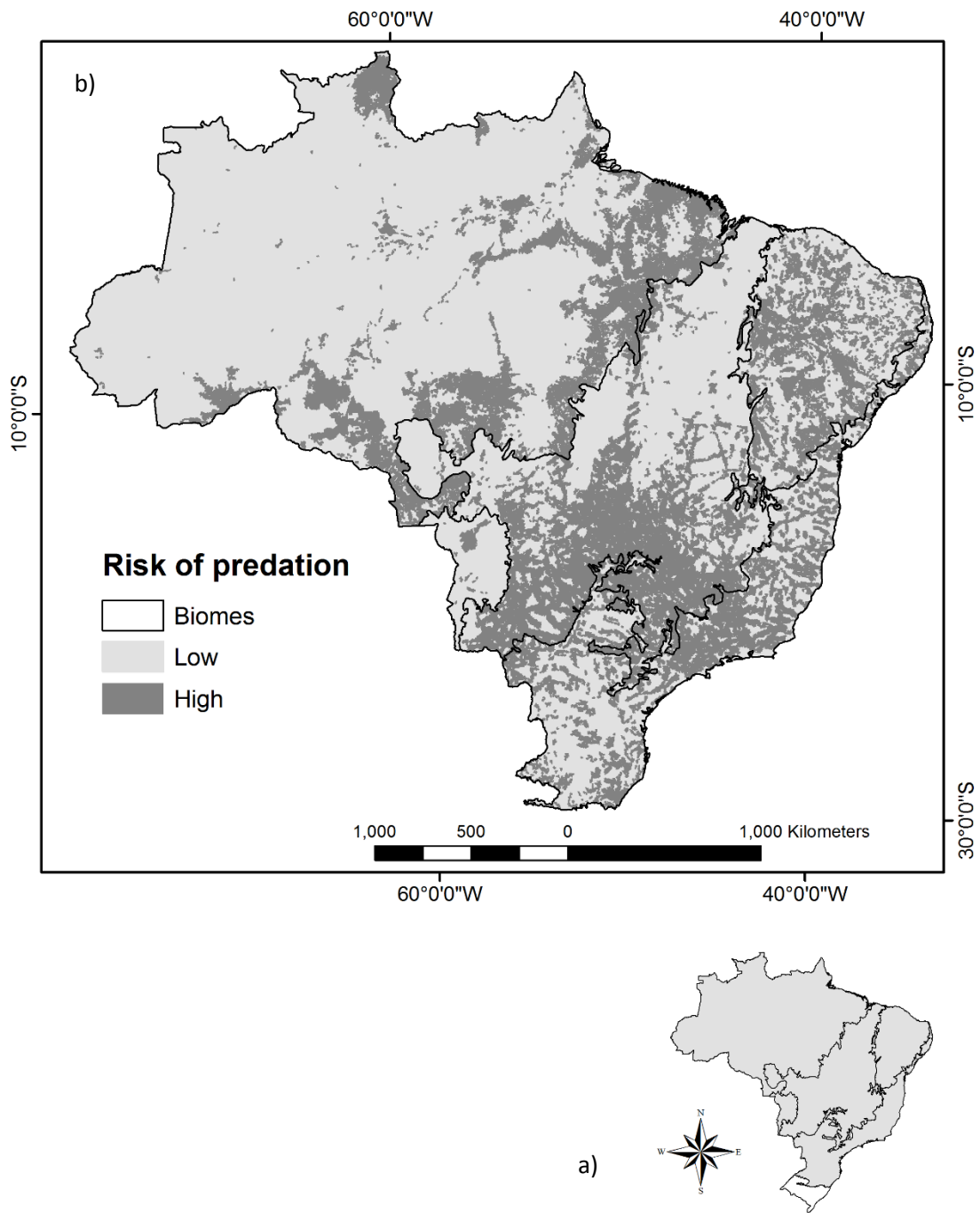


Figure 2 a) Location of Brazil in the American continent b) Spatial model of predation risk of domestic animals by *Puma concolor* and *Panthera onca* in Brazil.

Discusión general

Brasil es el país que alberga las poblaciones de jaguar y puma más grandes del continente americano (Azevedo *et al.* 2013, Morato *et al.* 2013), conserva parches de hábitat extensos, lo que permite la presencia de estas especies. Sin embargo, presenta grandes tasas de fragmentación provocada por actividades agropecuarias, la suma de estos factores ha sido en gran medida el motivo por el cual la depredación de animales domésticos por carnívoros ocurre frecuentemente (Cavalcanti *et al.* 2010).

Los esfuerzos realizados para disminuir esta problemática se han reflejado en estrategias como la creación de áreas naturales protegidas, modificaciones a la ley general de vida silvestre, incentivos enfocados a la conservación de carnívoros (Cavalcanti *et al.* 2010), así como una cantidad importante de estudios realizados bajo la colaboración de instituciones nacionales e internacionales (Morato *et al.* 2016, Paviolo *et al.* 2016). Sin embargo, una de las acciones más importantes ha sido la creación del centro de investigación encargado de la conservación de carnívoros (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Mamíferos Carnívoros), el cual a través de una red de monitoreo, ha documentado casos de depredación de animales domésticos por carnívoros en todo el país.

Los datos recabados por esta institución son uno de los insumos más importantes en la generación de modelos espaciales de riesgo, ya que la información contenida en esta base representa un análisis tanto espacial como temporal de las interacciones entre los depredadores y las especies domésticas (Miller 2015). Fue muy útil la base de datos de depredación del CENAP que contiene datos de

depredación desde 2002 hasta la actualidad, de manera que este estudio genera conocimiento científico a partir de datos gubernamentales, analizando la problemática desde una perspectiva espacial a nivel país.

Los datos reportados están verificados, por lo que los modelos obtenidos son estadísticamente robustos. La aplicación de la modelación de nicho ecológico para la identificación de zonas de riesgo es un área de investigación que ha tenido un incremento significativo en los últimos años, favorecido por la implementación de herramientas y métodos más robustos (Treves *et al.* 2011, Miller 2015). Con esta información es posible que los esfuerzos realizados para mitigar el impacto de la depredación de animales domésticos se enfoquen específicamente en las zonas identificadas (Treves *et al.* 2011, Miller 2015).

Las variables asociadas al riesgo de depredación por puma y jaguar fueron diferentes entre especies y entre biomas; debido a características de los depredadores (uso de hábitat, ámbito hogareño, talla y estrategia de caza), las características de los sitios donde se distribuyen, así como el manejo de las especies domésticas en los distintos biomas; esta situación ha sido observada anteriormente para otras regiones y otras especies (Zarco-González *et al.* 2013, Miller *et al.* 2015). A pesar de estas diferencias, se observó una predominancia de variables relacionadas con perturbación antrópica asociadas a las zonas de alto riesgo.

La implementación de estrategias enfocadas a disminuir la depredación puede variar en las distintas regiones identificadas con riesgo de depredación. Diversos

estudios coinciden en que el manejo del ganado es el principal factor que puede propiciar o limitar el riesgo de depredación (Zarco-González *et al.* 2013, Miller 2015), en este estudio no se analizó este tipo de variables, debido a que datos de ganado en libre pastoreo, ganado estabulado o ranchos con infraestructura son escasos, la incorporación de esta información a los MER complementarían el análisis y generarían una perspectiva integral de la depredación de animales domésticos.

Las estrategias propuestas para disminuir la depredación de animales domésticas han sido varias, se menciona además algunos métodos disuasivos (sonoros y visuales) que son de bajo costo y son fácilmente aplicables (Zarco González y Monroy-Vilchis 2014); decreto de áreas exclusivas para la ganadería lo que permitiría disminuir la frontera agrícola con vegetación nativa, otras alternativas a nivel regional y nacional se incluyen la compensación económicas a los dueños afectados, sin embargo esta estrategia solo puede cubrir ciertos aspectos y en regiones donde las poblaciones de carnívoros están muy amenazadas (, Palmeira *et al.* 2008), además de la creación de nuevas áreas naturales protegidas (Azevedo y Murray 2007, Silveira *et al.* 2008, Inskip y Zimmermann 2009).

La realización de MER provee una ventaja significativa sobre otros métodos utilizados para evaluar la depredación de animales domésticos. En primer lugar, destaca su capacidad predictiva de zonas potenciales, así como el análisis de diferentes variables, por otro lado resaltan los bajos costos para su generación (Carvalho *et al.* 2015), la facilidad con que los resultados pueden ser interpretados, así como factibilidad de que sean difundidos y aplicados por

diferentes tomadores de decisiones, incluyendo ganaderos, investigadores e instituciones gubernamentales (Treves *et al.* 2011).

Por último, otra ventaja de los MER es la posibilidad de retroalimentación y actualización de los datos en los que se basan, siendo posible además la validación en campo, función clave para completar el monitoreo de todo el país (Treves *et al.* 2011, Miller 2015). En ese sentido, recomendamos la generación de MER de depredación a una escala regional, lo que posibilitaría el análisis con mayor resolución.

Conclusión general

Se identificaron las áreas donde existe mayor riesgo de depredación de ganado doméstico por puma y jaguar en 5 biomas de Brasil, evidenciando la eficiencia de los Modelos Espaciales de Riesgo como herramientas utilizadas para la mitigación del conflicto, generando información para la toma de decisiones. De manera general las variables que influyen directamente sobre el riesgo de depredación son resultado de la mala gestión de los recursos naturales.

Literatura citada

Abade, L., Macdonald, D.W., Dickman, A.J., 2014. Assessing the relative importance of landscape and husbandry factors in determining large carnivore depredation risk in Tanzania's Ruaha landscape. *Biol. Conserv.* 180, 241–248.

Azevedo, A.C., Murray, D.L., 2007. Evaluation of potential factors predisposing livestock to predation by jaguars. *J. Wildl. Manage.* 71(7), 2379–2386.

Azevedo, F.C., Lemos, F.G., de Almeida, L.B., de Campos, C.B., de Mello Beisiegel, B., de Paula, R.C., Crawshaw, P.G., Ferraz, K.M., de Oliveira, T.G., 2013. Avaliação do risco de extinção da onça-parda *Puma concolor* (Linnaeus, 1771) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*. 1, 107-121.

Carvalho, E.A.R., Pezzuti, J.C., 2010. Hunting of jaguars and pumas in the Tapajós–Arapuins Extractive Reserve, Brazilian Amazonia. *Oryx*. 44, 610-612.

Carvalho, E.A.R., Zarco-González, M.M., Monroy-Vilchis, O., Morato, R.G., 2015. Modeling the risk of livestock depredation by jaguar along the Transamazon highway, Brazil. *Basic. Appl. Ecol.* 16(5), 413-419.

Cavalcanti, S.M.C., 2006. Aspects of livestock depredation by jaguars in the southern Pantanal, Brazil. Pages 217-228 in: Morato, R.G., Rodrigues, F.H.G.,

Cavalcanti, S.M.C., Gese, E.M., 2010. Kill rates and predation patterns of jaguars (*Panthera onca*) in the southern Pantanal, Brazil. *J. Mammal.* 91(3), 722–736.

Cavalcanti, S.M.C., Marchini, S., Zimmermann, A., Gese, E.M., Macdonald, D.W., 2010. Jaguars, livestock, and people in Brazil: realities and perceptions behind the conflict. USDA National Wildlife Research Center–Staff Publications.

Paula, R.C., Boulhosa, R., 2015. Caracterização do conflito: Aspectos Socioculturais e impactos econômicos. In: Cavalcanti, S.M.C., Paula, R.C., Gasparini-Morato, R.L. (Eds). Conflitos com mamíferos carnívoros. Uma referência para o manejo e a convivência. CENAP/ICMBio, São Paulo, Brasil.

Crawshaw, P., 2004. Depredation of domestic animals by large cats in Brazil. *Hum. Dimens. Wildl.* 9, 329–330.

International Union for Conservation of the Natural (IUCN) (2017) <http://dx.doi.org/10.7927/H4ST7MRB> (Accessed 05.09.2016).

Kushnir, H., Weisberg, S., Olson, E., Juntunen, T., Ikanda, D., Packer, C., 2014. Using landscape characteristics to predict risk of lion attacks on humans in south-eastern Tanzania. *Afr. J. Ecol.* 52(4), 524-532.

Marchini, S., 2015. Por que promover a conservação dos carnívoros? In: Cavalcanti, S.M.C., Paula, R.C., Gasparini-Morato, R.L. (Eds). Conflitos com mamíferos carnívoros. Uma referência para o manejo e a convivência. CENAP/ICMBio. São Paulo, Brasil.

Mateo-Tomás, P., Olea, P.P., Sánchez-Barbudo, I.S., Mateo, R., 2012. Alleviating human–wildlife conflicts: identifying the causes and mapping the risk of illegal poisoning of wild fauna. *J. Appl. Ecol.* 49(2), 376-385.

Mazzolli, M., Graipel, M.E., Dunstone, N., 2002. Mountain lion depredation in southern Brazil. *Biol. Conserv.* 105(1), 43-51.

Michalski, F., Boulhosa, R.L.P., Faria, A., Peres, C.A., 2006. Human–wildlife conflicts in a fragmented Amazonian forest landscape: determinants of large felid depredation on livestock. *Anim. Conserv.* 9(2), 179-188.

Miller, J.R., 2015. Mapping attack hotspots to mitigate human–carnivore conflict: approaches and applications of spatial predation risk modeling. *Biodivers. Conserv.* 24(12), 2887-2911.

Morato, R.G., de Mello Beisiegel, B., Ramalho, E.E., de Campos, C.B., Boulhosa, R.L.P., 2013. Avaliação do risco de extinção da Onça-pintada *Panthera onca* (Linnaeus, 1758) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*. 1, 122-132.

Palmeira, F., Crawshaw, P., Haddad, C., Ferraz, K., Verdade, L., 2008. Cattle depredation by puma (*Puma concolor*) and jaguar (*Panthera onca*) in centralwestern Brazil. *Biol. Conserv.* 141:118–125.

Palmeira, F.B.L., Trinca, C.T., Haddad, C.M., 2015. Livestock Predation by Puma (*Puma concolor*) in the Highlands of a Southeastern Brazilian Atlantic Forest. *Environ. Manage.* 56(4), 903-915.

Ramalho, E.E., Carvalho, E.A.R., Main, M.B., 2015. Considerações sobre conflitos entre homem e mamíferos carnívoros na Amazônia Brasileira. In: Cavalcanti, S.M.C., Paula, R.C., Gasparini-Morato, R.L. (Eds). *Conflitos com mamíferos*

carnívoros. Uma referência para o manejo e a convivência. CENAP/ICMBio. São Paulo, Brasil.

Rodríguez-Soto, C., Monroy-Vilchis, O., Maiorano, L., Boitani, L., Faller, J.C., Briones, M.A., Falcucci, A., 2011. Predicting potential distribution of the jaguar (*Panthera onca*) in Mexico: identification of priority areas for conservation. *Divers. Distrib.* 17(2), 350-361.

Roura-Pascual, N., Brotons, L., Peterson, A.T., Thuiller, W., 2009. Consensual predictions of potential distributional areas for invasive species: a case study of Argentine ants in the Iberian Peninsula. *Biol. Invasions.* 11(4), 1017-1031.

Schulz, F., Printes, R.C., Oliveira, L.R., 2014. Depredation of domestic herds by pumas based on farmer's information in Southern Brazil. *J. Ethnobiol. Ethnomed.* 10(1), 1-11.

Silveira, L., Boulhosa, R.L.P., Astete, S., Almeida-Jácomo, A.T., 2008. Management of Domestic Livestock Predation by Jaguars in Brazil. *CAT News Special Issue 4, the Jaguar in Brazil.* pages 26-30.

Soto-Shoender, J.R., Giuliano, W.M., 2011. Predation on livestock by large carnivores in the tropical lowlands of Guatemala. *Oryx.* 45(4), 561–568.

Tortato, F.R., Layme, V.M.G., Crawshaw, P.G., Izzo, T.J., 2015. The impact of herd composition and foraging area on livestock predation by big cats in the Pantanal of Brazil. *Anim. Conserv.* 18(6), 539-547.

Treves, A., & Karanth, K.U., 2003. Human-carnivore conflict and perspectives on carnivore management worldwide. *Conserv. Biol.* 17, 1491–1499.

Treves, A., Martin, K.A., Wydeven, A.P., Wiedenhoeft, J.E., 2011. Forecasting environmental hazards and the application of risk maps to predator attacks on livestock. *BioScience*. 61(6), 451-458.

Zarco-González, M.M., Monroy-Vilchis, O., Rodríguez-Soto, C., Urios, V., 2012. Spatial factors and management associated with livestock depredation by *Puma concolor* in Central Mexico. *Hum. Ecol.* 40, 631–638.

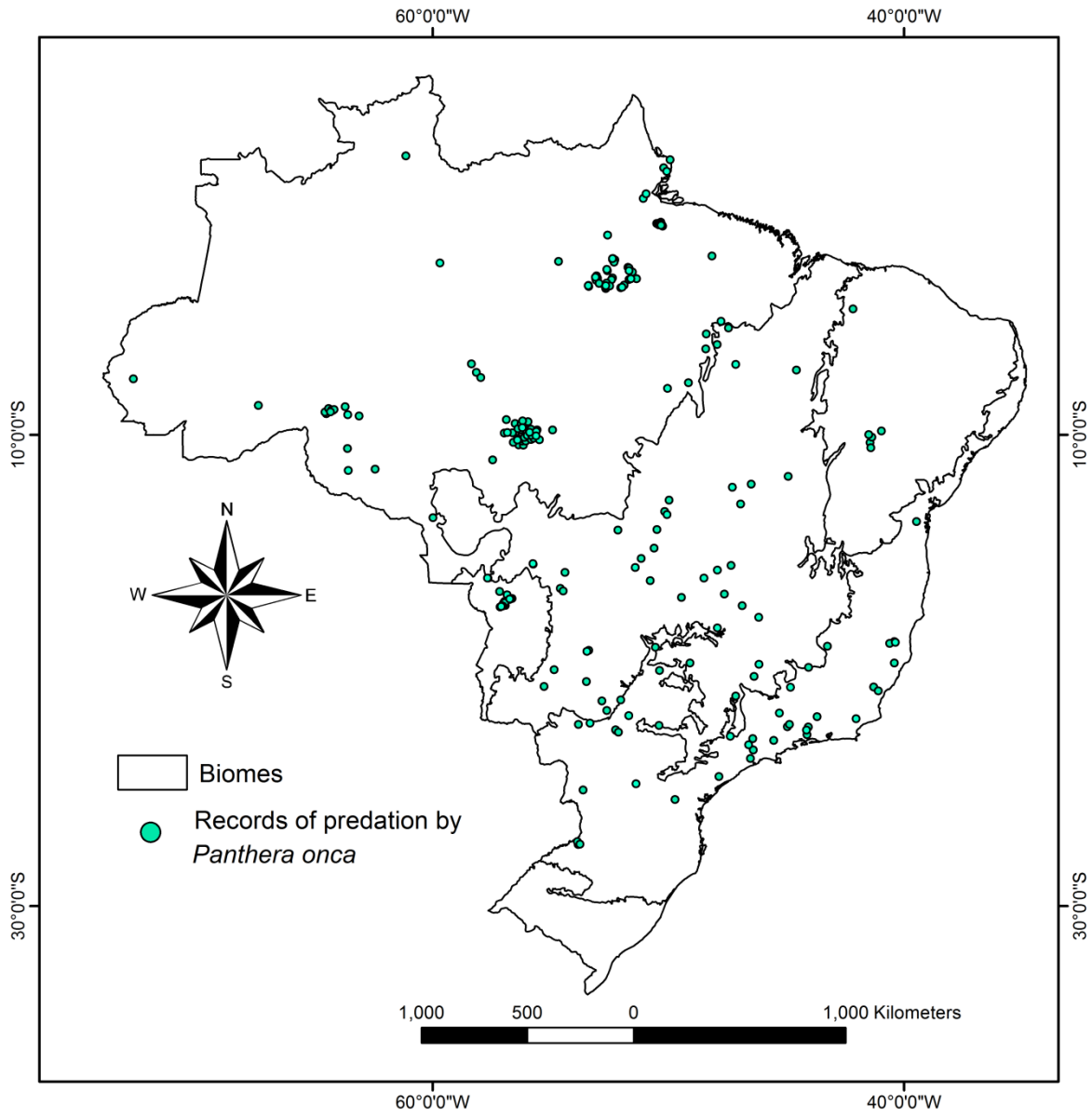
Zarco-González, M.M., Monroy-Vilchis, O., Alaníz, J., 2013. Spatial model of livestock predation by jaguar and puma in Mexico: Conservation planning. *Biol. Conserv.* 159, 80-87.

Zarco-González, M.M., & Monroy-Vilchis, O., 2014. Effectiveness of low-cost deterrents in decreasing livestock predation by felids: a case in Central Mexico. *Animal Conserv.* 17(4), 371-378.

Zimmermann, A., Walpole, M.J., Leader-Williams, N., 2005. Cattle ranchers' attitudes to conflicts with jaguar *Panthera onca* in the Pantanal of Brazil. *Oryx*. 39(4), 406–412.

Anexos

Anexo 1.- Registros de depredación por jaguar en Brasil.



Anexo 2.- Registros de depredación por puma en Brasil.

