

# DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL PUMA (*Puma concolor*) EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES, MÉXICO

J. ANTONIO DE LA TORRE<sup>1</sup> Y LEONORA TORRES-KNOOP<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ecología, UNAM, Laboratorio de Ecología  
y Conservación de Vertebrados Terrestres, Ap. Postal  
70-275, 04510 Ciudad Universitaria, México D. F.

Autor de correspondencia: Antonio de la Torre:  
adelatorre@ecologia.unam.mx

## RESUMEN

La distribución actual del puma (*Puma concolor*) en México en la mayor parte del país es desconocida. Por medio un modelo de nicho ecológico utilizando el algoritmo Maxent identificamos la distribución potencial del puma en el estado de Aguascalientes. Utilizamos 41 registros de campo de la especie, 19 variables climáticas y 3 variables topográficas para hacer la modelación. De acuerdo al modelo, el puma se distribuye en la mayor parte del oeste del estado, la cual corresponde con zonas serranas. Esta región está dominada por bosques de encino y encino-pino, así como de una topografía accidentada. Consideramos que la protección de los parches y los corredores de vegetación que unen a las localidades predichas en el modelo de distribución potencial y que se extienden hacia los estados de Zacatecas y Jalisco, son fundamentales para la conservación de una población viable de pumas en esta región.

**Palabras clave:** Aguascalientes, distribución, Jalisco, Maxent, México, *Puma concolor*, Zacatecas.

## ABSTRACT

The current distribution of the puma (*Puma concolor*) in Mexico in the most of the country is unknown. Through an ecological niche modelling approach using the Maxent algorithm we identified the potential distribution of the puma in the Aguascalientes State. To perform de model we used 41 field records of the species, 19 climatic variables and 3 topographic variables. According to the model, the puma occurs in most of west side of the Aguascalientes, which corresponds to mountain areas. This region is dominated by oak and oak-pine forests with a rugged topography. To conserve a viable population of puma in this region, we consider that it is necessary to protect the vegetation patches and the habitat corridors to link those predicted areas by the

model, which are extended to Zacatecas and Jalisco States.

**Keywords:** Aguascalientes, distribution, Jalisco, Maxent, Mexico, *Puma concolor*, Zacatecas.

## INTRODUCCIÓN

El puma (*Puma concolor*, Linnaeus, 1771) es el mamífero terrestre con la distribución más amplia en el continente americano, la cual abarca desde el centro de Canadá hasta el sur de Argentina y Chile, encontrándose desde el nivel del mar hasta altitudes superiores a los 3,000 msnm (Anderson, 1983; Chávez, 2006; Hall, 1981). Sin embargo, dado que sus densidades poblacionales generalmente son bajas, puede considerarse como una especie rara (Anderson, 1983). A escalas locales la distribución del puma probablemente se encuentra limitada principalmente por la disponibilidad de presas, la presencia de cobertura forestal para el acecho de sus presas, la topografía, así como por factores antropogénicos (Dickson y Beier, 2006; Dickson *et al.*, 2013; Hernández-Santín *et al.*, 2012; Laundré *et al.*, 2009; Young *et al.*, 2010; Zarco-González *et al.*, 2013). La distribución histórica del puma en México comprendía prácticamente todo el país (Hall, 1981; Leopold, 1959), pero debido a que en las últimas décadas ha sido extirpado de grandes extensiones del territorio nacional como resultado de la cacería indiscriminada y la destrucción de su hábitat, su distribución actual en la mayor parte del país es desconocida (Chávez, 2006; López-González y González-Romero, 1998).

El puma es una especie ampliamente estudiada en algunas regiones de Norteamérica (Benson *et al.*, 2008; Culver *et al.*, 2000; Dickson y Beier 2002; Ernest *et al.*, 2003; Grigione *et al.*, 2002; Logan y Swenar 2001; Onorato

*et al.*, 2011; Pierce *et al.*, 1999; Stoner *et al.*, 2006; Swenar *et al.*, 2000, 2008). Sin embargo, la información científica generada en México es escasa a pesar que el conocimiento tradicional de la especie es amplio y ancestral. La mayor parte de los trabajos publicados y enfocados en esta especie en el país han sido para dar nuevos registros de presencia (Sánchez Hernández *et al.*, 2013), determinar sus hábitos alimenticios (Aranda y Sánchez-Cordero, 1996; de la Torre y de la Riva, 2009; Gómez-Ortiz y Monroy-Vilchis, 2013; Nuñez *et al.*, 2000; Rosas-Rosas *et al.*, 2003, 2008; Rueda *et al.*, 2013), estimar la densidad poblacional en algunas regiones (Laundré *et al.*, 2009; Rosas-Rosas y Bender, 2012), determinar patrones de actividad por medio de trampas cámara (Hernández-Saintmartín *et al.*, 2013; Monroy-Vilchis *et al.*, 2009), así como para proponer medidas de mitigación a los problemas de depredación de ganado doméstico (Rosas-Rosas *et al.*, 2008; Zarco-González *et al.*, 2012, 2013; Zarco-González y Monroy-Vilchis, 2014). A pesar de que estos estudios demuestran que el conocimiento del puma en México ha aumentado en los últimos años, aun existe la necesidad de generar modelos comprensivos que permitan clarificar el estado actual de la distribución geográfica de la especie para diferentes regiones y el país en general.

Aunque la presencia del puma está bien establecida en el centro de México (de la Riva *et al.*, 2000; de la Torre y de la Riva, 2009; Hesselbach y Pérez, 2001), se desconocen los sitios donde aún persiste la especie y los

factores ecológicos que determinan su presencia y distribución. Con el fin de contribuir a la creación de iniciativas de manejo y conservación del puma en el centro de México, el presente estudio tuvo como objetivo identificar la distribución potencial del puma en el estado de Aguascalientes por medio de un modelo de nicho ecológico. El estado de Aguascalientes, con una superficie poco menor a los 5,600 km<sup>2</sup> (aproximadamente el 0.3 % de la superficie de todo el país), es el quinto estado con menor extensión en el país (después del Distrito Federal, Tlaxcala, Morelos y Colima). Este estado destina una gran parte de su territorio para uso agropecuario y la urbanización e industrialización se ha incrementado de manera

acelerada en los últimos años (INEGI, 2008a; Ramírez-Reynoso, 2008). Estas actividades humanas tienen un impacto directo sobre la fauna silvestre presente en la región, por este motivo es importante el conocimiento de los requerimientos ecológicos de las especies locales con el fin de generar planes de desarrollo que sean compatibles con la conservación de la biodiversidad local.

## ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en el estado de Aguascalientes, centro de México, el cual se encuentra entre los 22° 27' y 22° 38' latitud N y entre 101° 53' y 102° 42' longitud W (Figura 1). La región oeste del estado forma parte de la

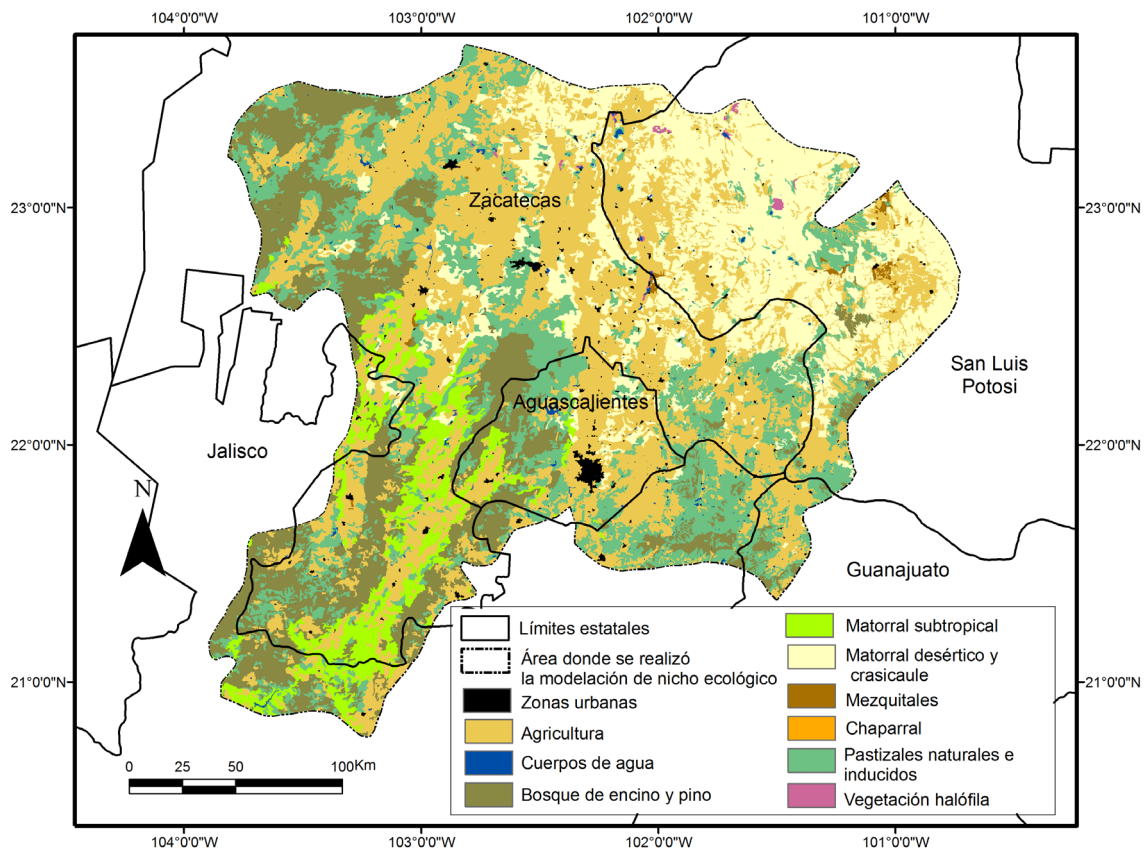


Figura 1. Área sobre la cual se realizó el análisis de modelación de nicho ecológico (provincias fisiográficas: Sierras y Valles Zacatecanos, Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas y Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes) y principales tipos de vegetación y uso de suelo en el estado de Aguascalientes y centro de México.

Sierra Madre Occidental y está conformada por varias cadenas montañosas con altitudes que oscilan entre 2,000 a 3,050 msnm. Los tipos de vegetación dominantes entre los 2,000 y 2,650 m son el chaparral, el bosque de encino y los pastizales naturales. El chaparral se caracteriza por la presencia de encinos (*Quercus* spp.), manzanilla mexicana (*Arctostaphylos pungens*), yuca (*Yucca filifera*), sotol (*Dasyllirion acrotriche*) y nopal (*Opuntia* spp.). Los bosques de encino están dominados por encinos, manzanilla mexicana, uña de gato (*Mimosa monancistra*) y jarilla (*Dodonaea viscosa*). Los pastizales naturales contienen especies como *Eragrostis* spp., *Mulhenbergia* spp., *Aristida* spp., y *Stipa* spp. Los bosques de pino-encino están presentes en altitudes superiores a 2,650 m, y se componen principalmente de juníperos (*Juniperus* spp.), encinos, madroños (*Arbutus* spp.) y pino (*Pinus* spp.) (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981; García *et al.*, 1993).

En la parte suroeste del estado se encuentra una pequeña porción de matorral subtropical (3.7% de la superficie del estado), la cual forma parte del corredor del Cañon de Juchipila, Zacatecas y su ramificación hacia el valle del Huejucar en el municipio de Calvillo, Aguascalientes (INEGI, 2008b). Las altitudes de este tipo de vegetación van de 1,600 a 2,300 msnm. Los elementos más frecuentes en el estrato superior son el cazahuate (*Ipomoea* spp.), la vara dulce (*Eysenhardtia* spp.) y el nopal (*Opuntia* spp.). Las plantas herbáceas se encuentran bien representadas y en la época de lluvia forman un estrato más o menos continuo (García *et al.*, 1993; Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981).

Finalmente, la parte centro y este del estado se encuentra formada por piedemontes, planicies con pasti-

zales naturales e inducidos, mezquitalles (*Prosopis laevigata*) y de matorral xerófilo en las partes más altas. En el centro del estado se encuentra una amplia zona de agricultura de riego que abarca desde las inmediaciones de la ciudad de Aguascalientes hasta sus límites con el estado de Zacatecas hacia el norte (INEGI, 2008b).

El trabajo de campo se realizó principalmente en las serranías “Sierra Fría”, “El Laurel”, “El Ocote” y “Cerro del Muerto” (oeste del estado de Aguascalientes). La ganadería se encuentra extendida en toda esta región, sin embargo, El Laurel, El Ocote y Cerro del Muerto presentan un paisaje más fragmentado que la Sierra Fría debido a una mayor presencia de campos agrícolas y ganaderos, así como a una mayor presión de caza furtiva. No existen datos sobre la disponibilidad de presas para la región, sin embargo, los factores mencionados anteriormente podrían influir en la densidad de presas naturales de puma (de la Torre y de la Riva, 2009).

## MÉTODOS

### *Colecta y obtención de registros*

Durante enero del 2003 a Febrero del 2005 se colectaron registros de presencia de puma de manera oportunista por medio de recorridos de longitud variable en ranchos, veredas, caminos, senderos, valles y áreas riparias en las distintas zonas del área del estudio, abarcando distintos tipos de vegetación y uso de suelo como bosques de encino, matorral subtropical, matorral xerófilo y pastizales naturales. Se colectaron rastros como huellas, excretas, restos de presas consumidas y restos de cadáveres de pumas, a los cuales se les tomó registro fotográfico y para el caso de las huellas se rea-

lizaron moldes de yeso. Todas las observaciones fueron georreferenciadas y marcadas en un mapa del estado de Aguascalientes. Con el fin de no sobre representar a los individuos (tanto en el caso de los grupos de huellas que pudieran pertenecer a un mismo individuo durante un mismo trayecto, como las excretas encontradas en letrinas) se consideró como una colecta independiente a cada rastro o grupo de rastros localizados en un mismo sitio durante un mismo recorrido a lo largo de 500 m del primer rastro localizado. Para la identificación de los rastros se utilizaron las guías Halfpenny y Biesiot (1986), Shaw (1990), McKinney (1996) y Aranda (2000). Adicionalmente se buscaron registros de puma en diversas colecciones científicas, sin embargo, no se encontró ninguno para esta región.

### ***Modelación de la distribución potencial***

Para identificar las zonas potenciales de distribución del puma en el estado de Aguascalientes se llevó a cabo una modelación de nicho ecológico a partir de los registros obtenidos durante el trabajo de campo. Dado el pequeño número de registros con localidades únicas (n=24), se decidió utilizar el programa Maxent 3.3.3 (Phillips *et al.*, 2006, Phillips y Dudik, 2008), ya que ha demostrado arrojar resultados más robustos que otros algoritmos cuando el tamaño de muestra es muy pequeño (Anderson y González, 2011; Papes y Gaubert, 2007; Pearson *et al.*, 2007). Este algoritmo evalúa las similitudes ambientales entre los registros con los cuales se alimenta el modelo y el resto del paisaje, y a partir de esto, estima una probabilidad de que cada pixel de la región estudiada contenga a la especie dadas las relaciones no aleatorias entre los puntos de presen-

cia y las variables ambientales utilizadas (Pearson *et al.*, 2007).

Para la modelación se utilizaron 19 variables ambientales (con una resolución de 0.0083 grados): temperatura media anual, temperatura máxima del mes más cálido, temperatura mínima del mes más frío, temperatura media del trimestre del año más cálido, más húmedo, seco y frío, isothermalidad, estacionalidad de la temperatura, precipitación media anual, estacionalidad de precipitación, precipitación del mes más seco y húmedo y precipitación media del cuarto del mes más frío, seco, cálido y húmedo (Cuervo-Robayo *et al.*, 2013) y tres variables topográficas derivadas de un modelo digital de elevación de la base de datos de HYDRO-1K (elevación, índice topográfico y aspecto; USGS, 2001).

Para delimitar el área en el cual se realizó el análisis de modelación de nicho ecológico, consideramos las tres provincias fisiográficas que conforman el estado de Aguascalientes: Provincia Sierras y Valles Zacatecanos; Provincia Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas; Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes (Figura 1). Para la construcción del modelo de nicho ecológico se dividieron los datos de ocurrencias de puma en puntos de entrenamiento (75%, n = 18) y puntos de prueba (25%, n = 6), de manera que la muestra de los puntos de prueba se seleccionaron de manera aleatoria a través del método de validación cruzada para cada iteración (n = 500). Para evaluar la capacidad discriminatoria y de desempeño del modelo se consideraron los valores resultantes del área bajo la curva (AUC por sus siglas en inglés) de las curvas ROC (Receiver-Operating Classifier/ Características Operativas del Receptor), la cual es una medida de evaluación que realiza el propio algoritmo de Maxent a través de una prueba binomial (Moisen *et*

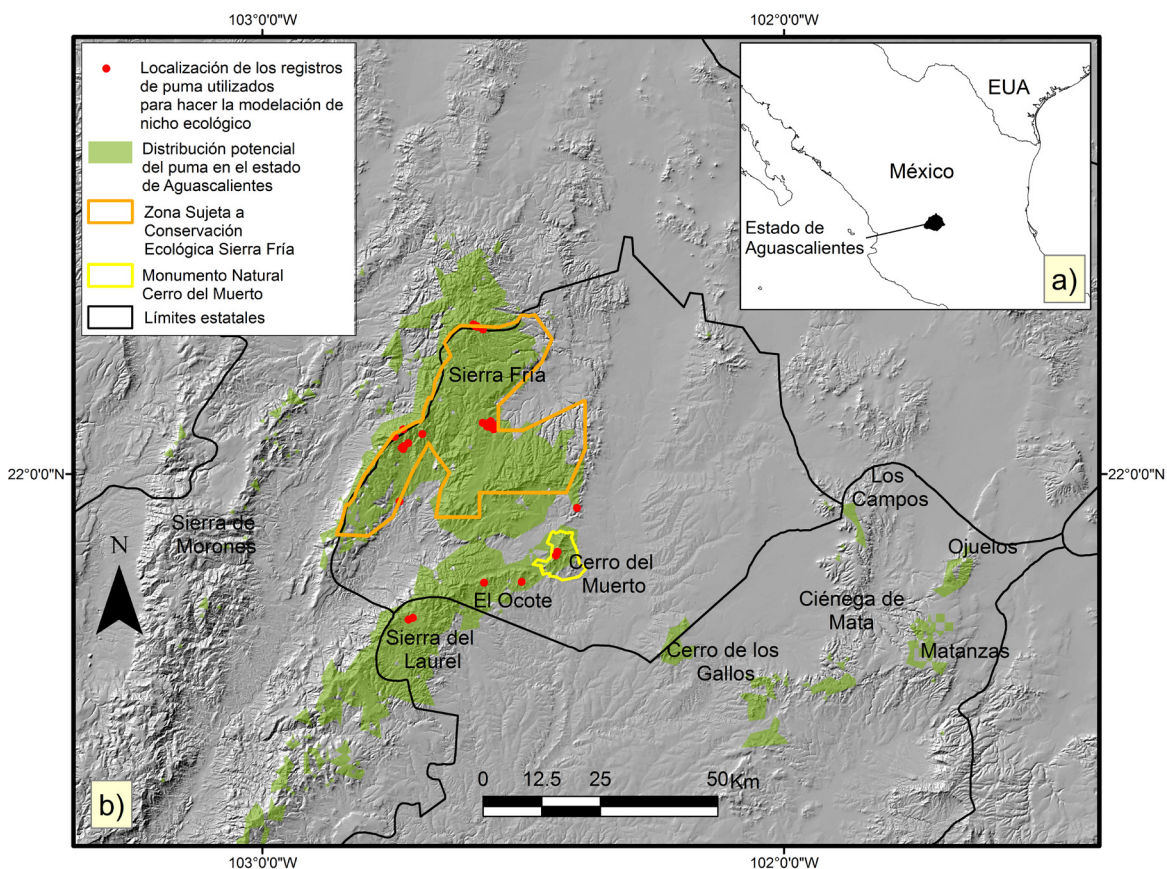


Figura 2. a) Ubicación del Estado de Aguascalientes en México. b) Distribución potencial del puma en el estado de Aguascalientes. Se muestran también las localidades donde se colectaron los rastros de puma para este estudio y las dos Áreas Naturales Protegidas de carácter estatal.

*al.*, 2006). Una vez obtenido el modelo y las medidas de evaluación, con el fin de establecer un umbral de corte para determinar la presencia y ausencia de la especie. Estos valores representan umbrales a partir de los cuales se predice como área de distribución potencial cierta proporción del territorio con un error de omisión asociado (Pearson *et al.*, 2007).

## RESULTADOS

### *Colecta de rastros y obtención de registros*

Durante los recorridos de campo se colectaron en total 41 registros

de puma. El 63.4% de los rastros encontrados consistieron en excretas, el 29.2% en huellas, el 2.8% correspondió a restos de animales consumidos por el felino y el 2.4% a restos de pumas encontrados muertos. La mayoría de estos registros fueron encontrados en las áreas serranas del oeste del estado de Aguascalientes. Los registros encontrados abarcaron desde la región noroeste del estado en sus límites con el estado Zacatecas en lo que corresponde a la Sierra Fría, hasta el suroeste del estado, en sus límites, nuevamente con el estado de Zacatecas, pero en los que corresponde a la serranía El Laurel. La mayoría de los rastros encontrados estuvieron asociados a sitios

con cobertura forestal; el 58.8% de los registros fueron colectados en bosque de encino, 17.0 % en chaparral, 7.3% en vegetación riparia, 7.3% en matorral subtropical, 4.8 % en bosque de encino pino y el 2.4% en matorral xerófilo.

### *Modelación de la distribución potencial*

El modelo de nicho ecológico generado en este estudio presentó un valor de área bajo la curva (AUC) de 0.988, lo que indica que tuvo un buen rendimiento. Asimismo, de acuerdo al umbral establecido para delimitar el modelo, el área potencial de distribución del puma abarcó el 4.8% del área utilizada para el análisis, que equivalen a 2,928 km<sup>2</sup>. El valor umbral que se utilizó en este estudio fue de 0.260 con un error de omisión de 5% (un solo registro quedó fuera del área predicha). De acuerdo al análisis que Maxent realiza sobre la capacidad predictiva de cada variable utilizada, la precipitación del periodo más húmedo resultó ser la variable más explicativa del modelo.

La figura 2 muestra la zona potencial de distribución de la especie para el estado de Aguascalientes dado el umbral de corte establecido. Se observa un corredor que inicia en el noroeste del estado de Aguascalientes en sus límites con Zacatecas a lo largo de las serranías Sierra Fría, El Ocote, Cerro del Muerto hasta la serranía El Laurel al suroeste y que continúa hacia los estados de Jalisco y Zacatecas. También se distinguen unos pequeños y aislados parches en la Sierra de Morones, en el estado de Zacatecas y en el sureste del estado de Aguascalientes en lo que corresponden a la serranía del Cerro de los Gallos que se encuentra entre los límites de Aguascalientes y Jalisco. Asimismo, se observa una cadena montañosa que se extiende des-

de la localidad de Encarnación de Díaz hacia las localidades de Ciénega de Mata, Matanzas, Los Campos y Ojuelos en el noreste del estado de Jalisco. La zona predicha por el modelo de nicho ecológico parece coincidir con una zona de alta complejidad topográfica y con altitudes de entre los 1,600 y los 3,050 msnm. Asimismo, no predice en las regiones centro y este del estado de Aguascalientes.

## DISCUSIÓN

Los rastros de puma colectados durante el estudio se encontraron asociados a lugares con cobertura forestal y en la mayoría de los casos, a la presencia de las principales presas que conforman su dieta. Los pumas en esta región se alimentan de vertebrados como el pecarí de collar (*Pecari tajacu*), el guajolote silvestre (*Mellagris gallopavo*), el mapache (*Procyon lotor*), la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), siendo éste último el ungulado nativo más grande de la zona (de la Torre y de la Riva, 2009). La disponibilidad de presas y la cobertura para el acecho pueden ser factores que limiten la distribución espacial de los pumas a escala local (Anderson, 1983; Dickson *et al.*, 2013; Laundré *et al.*, 2009). Por lo tanto, la conservación y protección de sus presas principales, así como de grandes fragmentos de bosques de encino, matorral subtropical, chaparrales y áreas riparias es de gran importancia para garantizar la sobrevivencia de esta especie en el centro de México. Así mismo, la mayoría de los registros colectados estuvieron asociados a sitios con un relieve topográfico accidentado, lo cual probablemente les confiere una ventaja al momento de acechar a sus presas, además de proporcionar sitios de refugio alejados de las actividades

humanas (Anderson, 1983; Dickson *et al.*, 2005, 2013; Hornocker, 1970; Seidensticker *et al.*, 1973).

De acuerdo a los resultados del estudio, la distribución potencial del puma abarca desde el norte de la Sierra Fría hasta la parte suroeste del estado incluyendo las serranías del Ocote, Cerro del Muerto y El Laurel. El modelo de nicho ecológico no predijo zonas ecológicamente distintas a las identificadas a través de los registros, lo que tiene sentido si se considera que el algoritmo identifica las zonas ambientalmente más parecidas a los registros con los que se alimenta el modelo. La zona con mayor potencial de distribución se acota de manera general a la región oeste del estado. Sin embargo, el modelo predijo un continuo de condiciones climáticas y topográficas a lo largo de esta región uniendo los sitios de colecta de los registros a lo largo de la Sierra Fría y las serranías del Ocote, Cerro del Muerto y El Laurel, proyectándolo hacia el noreste del estado de Jalisco y a la Sierra de Morones en Zacatecas. El alto valor de AUC (0.988) indica que el modelo tuvo una alta capacidad de discriminación y ajuste, sin embargo, este resultado debe tomarse con cautela ya que esta medida presenta importantes críticas (Lobo *et al.*, 2007; Peterson *et al.*, 2008).

Aunque la precipitación en el periodo más húmedo fue la variable de mayor contribución en el modelo, este resultado debe tomarse con precaución dadas las correlaciones que existen entre todas las variables ambientales utilizadas. La razón de que esta variable haya sido identificada como la variable de mayor peso en el modelo puede deberse a que ésta determina la distribución y abundancia de las presas potenciales de los pumas, ya que a su vez éstas dependen de los diferentes tipos de vegetación que están presentes en

las zonas que predice el modelo. Sobreponiendo las zonas predichas por el modelo con un mapa de vegetación, el mapa de distribución potencial prácticamente se encuentra limitado a los bosques de encino y pino y al matorral subtropical. Asimismo, el hecho de que el modelo identificó como zonas potenciales solamente sitios localizados al oeste del estado de Aguascalientes, puede deberse a que los registros colectados durante el estudio se encontraron agrupados en un área relativamente pequeña con condiciones climáticas y topográficas particulares. Esto causó que el algoritmo contara con espectros ambientales muy estrechos para realizar el modelo y por lo tanto pudo haber limitado la predicción de la distribución potencial. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, las zonas predichas por el modelo representan zonas de bosque de encino y pino, así como de matorral subtropical, mismas que no están presentes en la parte centro y este del estado, ya que estas zonas corresponden a condiciones más áridas con vegetación y uso de suelo diferente (agricultura de riego, matorral xerófilo, mezquitales, pastizales naturales e inducidos) y a una topografía menos accidentada. Además, hasta el momento no se tienen registros confirmados de esta especie para las regiones donde el modelo de nicho ecológico no predijo la presencia.

Dado que la fragmentación del paisaje se considera como una de las amenazas más importantes para la conservación de los grandes carnívoros (Cardillo *et al.*, 2004; Ripple *et al.*, 2014; Woodroffe y Ginsberg 1998), consideramos que la protección de los parches y los corredores de vegetación que unen a las áreas predichas por el modelo de nicho ecológico y que se extienden hacia los estados de Zacatecas y Jalisco, son fundamentales para la



conservación de una población viable de pumas en esta región. Los efectos negativos que produce la fragmentación sobre las poblaciones de grandes carnívoros pueden reducirse a través del mantenimiento y creación de corredores biológicos funcionales de migración que conecten con otras poblaciones, siempre y cuando permanezcan las condiciones óptimas del hábitat y se mantengan una base de presas estables (Beier, 1993; Beier 1995; Beier y Noss 1998; Dickson *et al.*, 2005; Sweenor *et al.*, 2000). La persistencia del puma en el centro de México dependerá de una planeación adecuada que incorpore resguardar a las poblaciones reproductivas y el mantenimiento de los fragmentos y corredores de vegetación, los cuales faciliten el desplazamiento de individuos entre estas poblaciones. En el estado de Aguascalientes existen dos Áreas Naturales Protegidas de competencia estatal, la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra Fría y el Monumento Natural Cerro del Muerto (Figura 2). El mantener la conectividad de estas dos Áreas Naturales Protegidas estatales con el Ocote, Sierra del Laurel, así como la Sierra de Morones, en el estado de Zacatecas, debe de ser una prioridad (González-Saucedo, 2011). A su vez, es necesario confirmar la presencia de esta especie en las áreas que predijo el modelo de nicho ecológico al noreste del estado de Jalisco y definir los potenciales corredores biológicos hacia estas áreas. Estas acciones permitirán diseñar una estrategia de conservación a escala regional para el puma en el centro de México.

Adicionalmente, se ha detectado que existe una problemática entre la presencia de este carnívoro y los ganaderos de la región. Este conflicto surge ya que los ganaderos pierden de manera ocasional cabezas de ganado debido a la depredación por los pumas,

por lo que es considerado como una amenaza para su economía, lo que los lleva a tratar de eliminarlos de la zona. Desconocemos el impacto que tiene la cacería directa sobre la población de pumas en el centro de México, pero este fenómeno, aunado a la progresiva fragmentación y defaunación de los hábitats naturales puede llevar a la extinción local de la especie (Stoner *et al.*, 2006). Por lo tanto, consideramos que es necesario implementar un plan de conservación y manejo para esta especie dentro del estado de Aguascalientes que asegure la persistencia de este felino en la región a largo plazo, el cual incorpore el control de la cacería furtiva de las presas naturales de los pumas y la compensación económica a los ganaderos en casos demostrados por pérdidas de animales domésticos por depredación de este felino.

## AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue realizado con la colaboración de la Universidad Autónoma de Aguascalientes y el Instituto del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Aguascalientes. Agradecemos a Luis Felipe Lozano, Gilfredo de la Riva, Víctor Villalobos, Ismael Torres, Agustín Medina, Agustín Bernal, Jaime Hernández Esquivel y Alfonso Salado por su apoyo durante el trabajo de campo de este estudio. También agradecemos a Sergio Ávila, Gustavo Quintero, Jennifer Femat, Jorge Sigala, Salvador Medina, Miguel Aguilar, Cesar Raziel y David López quienes amablemente registraron información durante el trabajo de campo. Agradecemos todas facilidades prestadas para realizar los análisis de este estudio al Laboratorio de Ecología y Conservación de Vertebrados Terrestres de Instituto de Ecología de la UNAM. Agradecemos también a Marina Rivero por sus comentarios al

manuscrito. Este trabajo se mejoró significativamente gracias a los comentarios de dos revisores anónimos.

## LITERATURA CITADA

- Anderson, A.** 1983. *A critical review of literature on puma (Felis concolor)*. Colorado Division of Wildlife. Wildlife Research Section. Colorado, EUA.
- Anderson, R.P y I. González Jr.** 2011. Species-specific tuning increases robustness to sampling bias in models of species distributions: An implementation with Maxent. *Ecological Modeling*, 222(15):2796-2811.
- Aranda, M.** 2000. *Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México*. Instituto de Ecología. Xalapa, México.
- Aranda, M. y V. Sánchez-Cordero.** 1996. Prey spectra of jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) in tropical forests of Mexico. *Studies of Neotropical Fauna and Environment*, 31:65-67.
- Beier, P.** 1995. Dispersal of Juvenile Cougars in Fragmented Habitat. *Journal of Wildlife Management*, 59(2):228-237.
- Beier, P.** 1993. Determining minimum habitat areas and habitat corridors for cougars. *Conservation Biology*, 7(1):94-108.
- Beier, P. y R. F. Noss.** 1998. Do Habitat Corridors Provide Connectivity? Review Habitat Corridors Provide Connectivity? *Conservation Biology*, 12(6):1241-1252.
- Benson, J.F., M.A. Lotz y D. Jansen.** 2008. Natal Den Selection by Florida Panthers. *Journal of Wildlife Management*, 72(2):405-410.
- Cardillo, M., A. Purvis, W. Sechrest, J.L. Gittleman, J. Bielby y G.M. Mace.** 2004. Human Population Density and Extinction Risk in the World's Carnivores. *PLoS Biology*, 2(7):909-914.
- Chávez, C.** 2006. *Puma concolor*. Pp.364-367, en: *Los mamíferos silvestres de México*. (Ceballos G. y G. Oliva, eds.) Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Fondo de Cultura Económica. México.
- Cuervo-Robayo, A.P., O. Téllez-Valdes, M.A. Gómez-Albores, C.S. Venegas-Barrera, J. Manjarrez y E. Martínez-Meyer.** 2013. An update of high-resolution monthly climatic surfaces for Mexico. *International Journal of Climatology*, 34(7):2427-2437.
- Culver, M., W.E. Johnson, J. Pecon-Slattery y S.J. O'Brien.** 2000. Genomic ancestry of the American puma (*Puma concolor*). *The Journal of Heredity*, 91(3):186-97.
- Dela Riva, G., J. Vazquez y G. Quintero.** 2000. Vertebrados terrestres de la Serranía "El Muerto" Aguascalientes México. *Investigación y Ciencia UAA*, 21:8-15.
- De la Torre, J.A. y G. de la Riva.** 2009. Food habits of pumas (*Puma concolor*) in a semiarid region of Central Mexico. *Mastozoología Neotropical*, 16(1):211-216.
- Dickson, B.G. y P. Beier.** 2002. Home-range and habitat selection by adult cougars in Southern California. *Journal of Wildlife Management*, 66(4):1235-1245.
- Dickson, B.G. y P. Beier.** 2006. Quantifying the influence of topographic position on cougar (*Puma concolor*) movement in southern California, USA. *Journal of Zoology*, 271(3):270-277.
- Dickson, B.G., J.S. Jenness y P. Beier.** 2005. Influence of vegetation, topography, and roads on cougar movement in southern California. *Journal of Wildlife Management*, 69(1):264-276.
- Dickson, B.G., G.W. Roemer, B.H. McRae y J.M. Rundall.** 2013. Models of regional habitat quality and connectivity for pumas (*Puma concolor*) in the southwestern United States. *PLoS One*, 8:e81898.
- Ernest, H.B., W.M. Boyce, V.C. Bleich, B. May, S.J. Stiver y S.G. Torres.** 2003. Genetic structure of mountain lion (*Puma concolor*) populations in California. *Conservation Genetics*, 4(3):353-366.
- García, R.G., L.M. de la Cerda, D.M. Siqueiros y C.O. Rosales.** 1993. Recursos Florísticos; Biodiversidad y conservación de los recursos bióticos de la Sierra Fría, Ags. *Investigación y Ciencia UAA*, 10:5-23.
- Gómez-Ortiz, Y. y O. Monroy-Vilchis.** 2013. Feeding ecology of puma *Puma concolor* in Mexican montane forests with comments about jaguar *Panthera onca*. *Wildlife Biology*, 19(2):179-187.
- González-Saucedo, Z.** 2011. *Conectividad funcional para el puma (Puma concolor) en el centro de México*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Queretaro. México.
- Grigone, M.M., P. Beier, R.A. Hopkins, D. Neal, W.D. Padley, C.M. Schonewald y M.L. Johnson.** 2002. Ecological and allometric determinants of home-range size for mountain lions (*Puma concolor*). *Animal Conservation*, 5(4):317-324.
- Halfpenny, J. y E. Biesiot.** 1986. *A field guide to mammal tracking in North America*. Segunda edición. Johnson Books. Boulder, Colorado. EUA.
- Hall, E.R.** 1981. *The Mammals of North America*. Volúmen I. John Wiley and Sons. New York. EUA.
- Hernández-Saintmartín, A.D., O.C. Rosas-Rosas, J. Palacio-Núñez, L.A. Tarango-Arámbula, F. Clemente Sánchez y A. Hoogesteijn.** 2013. Activity patterns of jaguars, puma and their potential prey in San Luis Potosi, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 29(3):520-533.
- Hernández-Santín, L., P.M. Harveson y L.A. Harveson.** 2012. Suitable Habitats for Cougars (*Puma concolor*) in Texas and Northern Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 57(3):314-318.
- Hesselbach, H. y M. Pérez.** 2001. *Guía de mamíferos de Aguascalientes*. Ayuntamiento de Aguascalientes. Aguascalientes, México.
- Hornocker, M.G.** 1970. An analysis of mountain lion predation upon mule deer and elk in the Idaho Primitive Area. *Wildlife Monographs*, 21:1-39.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).** 2008a. Uso de suelo y vegetación. Pp. 44-47, en: *La Biodiversidad de Aguascalientes: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). Ciudad de México. México.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).** 2008b. Regionalización. Pp. 47-58, en: *La Biodiversidad de Aguascalientes: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para

- el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). Ciudad de México. México.
- Leopold, A.S.** 1959. *Fauna Silvestre de México*. Editorial Pax. Ciudad de México. México.
- Laundré, J.W., J.L. Salazar, L. Hernández y D. Nuñez.** 2009. Evaluating potential factors affecting puma *Puma concolor* abundance in the Mexican Chihuahuan Desert. *Wildlife Biology*, 15(3):207–212.
- Logan, K.A. y L.L. Sweanor.** 2001. *Desert Puma: evolutionary ecology and conservation of an enduring carnivore*. Island Press, Washington D.C. EUA.
- López-González, C. y A. González-Romero.** 1998. A synthesis of current literature and knowledge about the ecology of the puma (*Puma concolor*). *Acta Zoológica Mexicana*, 75:171-190.
- McKinney, B.P.** 1996. *A field guide to Texas mountain lions*. Texas Parks and Wildlife Department. Wildlife Division. Texas. EUA.
- Moisen G.G., E. A. Freeman, J. A. Blackard, T. S. Frescino, E. Z. Nicklaus, T.C. Edwards Jr.** 2006. Predicting tree species presence and basal area in Utah. A comparison of stochastic gradient boosting, generalized additive models and, tree-based methods. *Ecological Modelling*, 199(1):102-117.
- Monroy-Vilchis, O., C. Rodríguez-Soto, M. Zarco-González y V. Urios.** 2009. Cougar and jaguar habitat use and activity patterns in central Mexico. *Animal Biology*, 59:145–157.
- Nuñez, R., B. Miller y F. Lindzey.** 2000. Food habits of jaguars and pumas in Jalisco, Mexico. *Journal of Zoology*, 252(3):373–379.
- Onorato, D.P., M. Criffield, M. Lotz, M. Cunningham, R. McBride, E.H. Leone, E.H. Leone, O.L. Bass Jr. y E.C. Hellgren.** 2011. Habitat selection by critically endangered Florida panthers across the diel period: implications for land management and conservation. *Animal Conservation*, 14(2):196–205.
- Papes M. y P. Gaubert.** 2007. Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of a poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. *Diversity and distributions*, 13(8):890-902.
- Pearson, R. G., C. J. Raxworthy, M. Nakamura y T. Peterson.** 2007. Predicting species distribution from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, 34(1):102-117.
- Peterson, A. T. M. Papes y J. Soberón.** 2008. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecological Modelling*, 213(1):63-72.
- Peterson, A.T., J. Soberón, R.G. Pearson, R.P. Anderson, E. Martínez-Meyer, M. Nakamura y M. Bastos-Araújo.** 2011. *Ecological niches and geographic distributions*. Choice Reviews Online. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Phillips, S.J., R.P. Anderson y R.E. Schapire.** 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3-4):231–25.
- Phillips, S.J. y M. Dudík.** 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2):161–175.
- Pierce, B.M., V.C. Bleich, J.D. Wehausen y R.T. Bowyer.** 1999. Migratory patterns of mountain lions: implications for social regulation and conservation. *Journal of Mammalogy*, 80(3):986–992.
- Ramírez-Reynoso, T.** 2008. Económica y Empleo. Pp. 69-72, en: *La Biodiversidad de Aguascalientes: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). Ciudad de México. México.
- Ripple, W.J., J.A. Estes, R.L. Beschta, C.C. Wilmers, E.G. Ritchie, M. Hebblewhite, J. Berger, B. Elmhagen, M. Letnic, M.P. Nelson, O.J. Schmitz, D.W. Smith, A.D. Wallach y A.J. Wirsing.** 2014. Status and ecological effects of the world's largest carnivores. *Science*, 343(6167):1241484.
- Rosas-Rosas, O.C. y L.C. Bender.** 2012. Population status of jaguars (*Panthera onca*) and pumas (*Puma concolor*) in the Northeastern Sonora, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie), 28(1):86–101.
- Rosas-Rosas, O.C., L.C. Bender y R. Valdez.** 2008. Jaguar and Puma Predation on Cattle Calves in Northeastern Sonora, Mexico. *Rangelands Ecology & Management*, 61(5):554–560.
- Rosas-Rosas, O., R. Valdez, L.C. Bender y D. Daniel.** 2003. Food habits of pumas in northwestern Sonora, Mexico. *Wildlife Society Bulletin*, 31(2):528–535.
- Rueda, P., G. D. Mendoza, D. Martínez y O.C. Rosas-Rosas.** 2013. Determination of the jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) diet in a tropical forest in San Luis Potosí, Mexico. *Journal of Applied Animal Research*, 41(4):484–489.
- Sánchez Hernández, C., J.A. Almazán-Catalán, F. Ruíz-Gutiérrez, M.D.L. Romero-Almaraz, A. Taboada-Salgado, E. Beltrán-Sánchez y L. Sánchez-Vázquez.** 2013. Registros adicionales de felinos del estado de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(1):347–359.
- Secretaría de Programación y Presupuesto.** 1981. *Síntesis geográfica de Aguascalientes*. Coordinación de los servicios nacionales de estadística geografía e informática. México.
- Seidensticker, J.C., Hornocker, M.G., Wiles, W.V. y J.P. Messick.** 1973. Mountain lion social organization in the Idaho Primitive Area. *Wildlife Monographs*, 35: 1-60.
- Shaw, H.G.** 1990. *Mountain lion field guide*. Special Report Number 9. Arizona Game and Fish Department. Phoenix, Arizona. EUA.
- Stoner, D.C., M. L. Wolfey y D. M. Choate.** 2006. Cougar exploitation levels in Utah: implications for demographic structure, population recovery, and metapopulation. *Journal of Wildlife Management*, 70(6):1588–1600.
- Sweanor, L.L., K.A. Logan, J.W. Bauer, B. Millsap y W.M. Boyce.** 2008. Puma and human spatial and temporal use of a popular California State Park. *Journal of Wildlife Management*, 72(5):1076–1084.
- Sweanor, L.L., K.A. Logan y M.G. Hornocker.** 2000. Cougar Dispersal Patterns, Metapopulation Dynamics

- and Conservation. *Conservation Biology*, 14(3):798–808.
- Woodroffe, R. y J.R. Ginsberg.** 1998. Effects and the Extinction of Populations Inside Protected Areas. *Science*, 280(5372):2126–2128.
- Young, J.H., M.E. Tewes, A.M. Haines y S.J. Demaso.** 2010. Survival and mortality of cougars in the Trans-Pecos region. *The Southwestern Naturalist*, 55(3):411–418.
- Zarco-González, M.M. y O. Monroy-Vilchis.** 2014. Effectiveness of low-cost deterrents in decreasing livestock predation by felids: a case in Central Mexico. *Animal Conservation*, 17(4):371–378.
- Zarco-González, M. M., O. Monroy-Vilchis y J. Alaníz.** 2013. Spatial model of livestock predation by jaguar and puma in Mexico: Conservation planning. *Biological Conservation*, 159:80–87.
- Zarco-González, M.M., O. Monroy-Vilchis, C. Rodríguez-Soto y V. Urios.** 2012. Spatial factors and management associated with livestock predations by *Puma concolor* in Central Mexico. *Human Ecology*, 40(4):631–638.