



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL *Puma concolor* EN EL
ESTADO DE OAXACA, MÉXICO

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA

IJTSI ALDERETE SANTIAGO

DIRECTOR DE TESIS

DR. JESÚS MARTÍNEZ VÁZQUEZ

PUEBLA

OCTUBRE, 2021



AGRADECIMIENTOS

Al laboratorio de Mastozoología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por permitirme realizar mi tesis en sus instalaciones.

A mi director de tesis, el Dr. Jesús Martínez Vázquez por sus enseñanzas, el conocimiento brindado y el tiempo que le dedicó a este trabajo.

A mi revisora de tesis, la M. en C. Rosa María González Monroy por la guía y apoyo que me ha dado durante el proceso de este trabajo.

A mi revisor de tesis, el M. en C. Héctor Rafael Eliosa León por sus comentarios y aportaciones para la mejora de mi tesis.

A mi madre y a mi padre, Edith y Miguel, por su apoyo.

A mis hermanas, Aketzalli y Daira, por ser la constante de mi vida.

A mis amigos y a Killian, por estar siempre para mí.

DEDICATORIA

A Dobby y Pícolin, la luz en el fondo de mi corazón.

ÍNDICE

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1 Características del puma	3
2.2 Especies que se relacionan con el puma	4
2.3 Características del hábitat del puma	4
2.4 Estudios previos en la zona	4
2.5 Modelos de distribución potencial	5
2.6 Estudios realizados	6
3. JUSTIFICACIÓN	8
4. OBJETIVOS	9
4.1 OBJETIVO GENERAL	9
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
5. MATERIAL Y MÉTODOS	10
5.1 ZONA DE ESTUDIO.....	10
5.1.1 Ubicación geográfica	10
5.1.2 Geología	10
5.1.3 Clima	11
5.1.4 Flora	11
5.1.5 Fauna	12
5.2 OBTENCIÓN DE REGISTROS	12
5.3 ANÁLISIS DEL HÁBITAT	12
5.4 METODOLOGÍA ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL	13
5.4.1 Modelación con MaxEnt	14

6. RESULTADOS	16
6.1 REGISTROS OBTENIDOS	16
6.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	16
6.3 DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL PUMA	18
7. DISCUSIÓN	20
7.1 REGISTROS OBTENIDOS	20
7.2 ZONAS POTENCIALES	21
7.2.1 Actividad antrópica	21
7.2.2 Vegetación	22
7.2.3 Clima	24
7.3 DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL PUMA	25
8. CONCLUSIONES	29
8.1 RECOMENDACIONES	29
9. BIBLIOGRAFÍA	30

RESUMEN

La distribución del *Puma concolor* ha sido ampliamente estudiada en México, sin embargo, estudios más específicos sobre su distribución en diferentes regiones del país son escasos. En este sentido, el presente trabajo busca generar un modelo de distribución potencial para el estado de Oaxaca a través del programa MaxEnt (algoritmo basado en la Máxima Entropía) para la generación de mapas. Se realizaron 100 réplicas utilizando 129 registros obtenidos de la base de datos de CONABIO y, tomando en cuenta su relación con variables climáticas y de altitud, así como las actividades antrópicas y vegetación, se analiza la distribución potencial. El resultado indica que dicha distribución principalmente ocurre en dos regiones: Sierra Norte y Cañada. Las variables que parecen aportar más al modelo de distribución son la precipitación del mes más seco y el rango de temperatura diurna, resaltando que la presencia del puma se ve favorecida por vegetaciones de bosque de pino-encino, bosque mesófilo de montaña o selva baja caducifolia. Este estudio nos muestra una aproximación al estado de distribución real del puma, es posible que esta se vea afectada por la presencia y actividades antrópicas que se han realizado durante los últimos años por lo que es fundamental realizar estudios de campo para poder establecer correctamente las zonas de distribución real.

Palabras clave: *Puma concolor*, distribución potencial, variables climáticas, altitud.

1. INTRODUCCIÓN

En México es común encontrar felinos gracias a las condiciones de tipo neártica y tropical, adecuadas para la presencia de esta familia (Farías *et al.*, 2015). El estado de Oaxaca se encuentra ubicado en la zona de transición de las regiones Neártica y Neotropical, a la influencia del Golfo de México y del Océano Pacífico (Masés-García *et al.*, 2016), dadas estas condiciones, Oaxaca presenta una gran diversidad fisiográfica, climática, florística y faunística, y se encuentra entre las tres entidades Mexicanas con mayor riqueza de especies de artrópodos, plantas vasculares y vertebrados, razones por las que se le ha considerado como un estado mega diverso, siendo el total de especies registradas hasta el año 2004 el 42.22% del total nacional (Briones-Salas *et al.*, 2015). Tomando en cuenta todas las especies y sus respectivas subespecies, los tres estados del país con la mayor diversidad de taxa mastofaunística son: Oaxaca (n = 261), Chiapas (n = 249) y Veracruz (n = 214) (Briones-Salas *et al.*, 2012; Briones-Salas, 2012).

El área de distribución de un organismo es resultado de una historia evolutiva y ecológica muy compleja, con factores determinantes como los límites de la tolerancia de las mismas y las necesidades de condiciones abióticas, interacciones con otras especies y el potencial de dispersión y colonización (Barve *et al.*, 2011), La distribución de depredadores como los felinos se ha visto directamente afectada por la ubicación y disponibilidad de recursos, ya que esto provoca una reducción drástica de sus poblaciones por la alteración de sus patrones especiales (Minjarez, 2013), es por esto que, en las últimas tres décadas, se ha optado por diversificar el enfoque que se le ha dado al estudio de la distribución, yendo desde preguntas puramente científicas hacia preguntas más prácticas (Naoki *et al.*, 2006).

El estudio de la distribución y la identificación de las localidades donde habitan los felinos es primordial para poder desarrollar planes de manejo y conservación, además de ser la base sobre la cual se rigen estudios más específicos de taxonomía, ecología, biogeografía y evolución (Reguerin, 2012). Este tipo de modelos utilizan dos tipos de información, datos primarios (sitios de colecta u observación de la especie de interés) y secundarios (información de clima,

topografía o medio ambiente), para poder predecir la distribución potencial del organismo de interés (Naoki *et al.*, 2006).

2. ANTECEDENTES

2.1 Características del puma

El puma (*Puma concolor*) se encuentra clasificado entre los felinos más grandes del continente americano, alcanzando una medida de 105 a 180 cm de cabeza a la base de la cola, cabeza pequeña en relación al cuerpo, el rostro es corto y el cuello es largo, la cola llega a medir de 60 a 90 cm, cuentan con extremidades largas con grandes patas traseras y delanteras y en el lomo se forma una joroba a la altura de las extremidades delanteras (Muñoz-Pedrerros y Yáñez, 2000).

Siendo su origen totalmente Neártica, su distribución se da prácticamente en todos los continentes, a excepción de Oceanía y la Antártica (Morales-Mejía *et al.*, 2010). Su localización en el continente americano abarca desde el centro de Canadá hasta el sur de Argentina y Chile, siendo así el mamífero terrestre con la distribución más amplia de este continente (De la Torre y Torres-Knoop, 2014), a pesar de esto, a escala local su dispersión se ve ligada principalmente a la disponibilidad de sus presas, especies sobre los 15 kg de peso (Fernández y Baldi, 2014), presencia de cobertura forestal para el acecho de sus presas, topografía y los factores antropogénicos (De la Torre y Torres-Knoop, 2014), cuando estas condiciones se cumplen, es posible que dos o más especies de felinos puedan coexistir (Farías *et al.*, 2015).

En la actualidad, el estado de sus poblaciones en varios estados del país se desconoce (Minjarez, 2013) además, existen factores ecológicos que determinan su presencia y consecuente distribución (De la Torre y Torres-Knoop, 2014). Algunos de los factores antropogénicos que han tenido un impacto mayor en las poblaciones son la introducción de especies exóticas, degradación del hábitat y la creciente caza de herbívoros (Fernández y Baldi, 2014). Durante el estudio de Ávila-Nájera *et al.* (2018) observaron que la actividad humana significaba un impacto negativo sobre la presencia del puma, así mismo, fue visible que las variables ambientales juegan un importante rol para la predicción de la presencia del *P. concolor* en las zonas de estudio.

2.2 Especies que se relacionan con el puma

De acuerdo a Ávila-Nájera *et al.* (2008) existe una relación entre la abundancia del puma y la abundancia de aves como: *Crax rubra*, *Ortalis vetula*, *Meleagris ocellata* y *Aramides cajanea* y también con mamíferos como: *Conepatus semistriatus*, *Dasypus novemcinctus*, *Mazama temama*, *Nassua narica*, *Cuniculus paca* y *Pecari tajacu* (Ávila-Nájera *et al.*, 2018). También se ha demostrado una relación simpátrica de los pumas con el jaguar (*Panthera onca*) contando ambos con patrones similares en cuanto al uso de hábitat (Hernández, 2008).

En cuanto a su alimentación, la dieta de los pumas recae principalmente en presas de tamaño medio, principalmente pacas, y suplementan su dieta con ungulados grandes como pecaríes y venados (Foster *et al.*, 2010).

2.3 Características del hábitat del puma

Se tiene la hipótesis de que la densidad poblacional de los pumas se da en función de la vegetación, tipo de terreno, abundancia de las presas, y la vulnerabilidad de estas (Riley y Malecki, 2001). Pese a esto, los pumas pueden ser encontrados en una amplia gama de zonas naturales cubriendo básicamente todos los tipos de hábitats presentes en el continente americano, en altitudes que llegan hasta los 5800 m (Emmons y Feer, 1990, como se citó en Foster *et al.*, 2010) por lo que se puede decir que los pumas tienen hábitos flexibles.

2.4 Estudios previos en la zona

La riqueza mastofaunística de Oaxaca ha sido reconocida y estudiada desde hace mucho tiempo (Ruíz-Velásquez *et al.*, 2014), comenzando formalmente en la década de 1890 con A.C. Buller, en un trabajo que recolectó los mamíferos de la Planicie Costera de Tehuantepec (Briones-Salas *et al.*, 2015).

Los estudios sobre mamíferos en México han aumentado en los últimos años gracias al interés que se despierta por conocer la distribución de los diferentes organismos y el papel que desempeñan en las comunidades (Sánchez, 1988), además de los problemas de conservación de fauna que han ido en aumento

derivados del desconocimiento de la existencia y distribución de los mamíferos (Briones-Salas *et al.*, 2015).

Tal como menciona Briones-Salas en su estudio del 2012, en el estado de Oaxaca se han realizado diversos estudios de mamíferos por más de un siglo, la lista de investigadores principalmente extranjeros es grande, destacan: A. Buller en 1890 con su trabajo sobre los mamíferos en la Planicie Costera de Tehuantepec y en la década de 1960 un incremento en los muestreos con las exploraciones de T. McDougall, E. S. Boot, L. De la Torre, W. J. Schaldach Jr., M. D. Tuttle y A. L. Tuttle recolectando en una gran parte del estado. En el estudio de Briones *et al.*, del 2015 se puede observar cómo a partir de 1940 se han intensificado las exploraciones mastozoológicas en Oaxaca.

2.5 Modelos de distribución potencial

El objetivo principal de los modelos de distribución de especies es predecir áreas que cuenten con condiciones ambientales adecuadas para la supervivencia de ciertas especies (Palma-Ordaz y Delgadillo-Rodríguez, 2014). Los modelos predictivos representan una herramienta primordial, combinando datos actuales con variables de tipo bióticas y abióticas, para después crear un modelo de las variables requeridas por las especies estudiadas (Anderson *et al.*, 2003); se utiliza datos existentes en forma de coordenadas geográficas con latitudes y longitudes confirmadas y variables ambientales típicamente examinadas de forma que el modelado abarca relativamente pocas de las posibles dimensiones del nicho ecológico, basándose en el nicho fundamental de las especies (Anderson *et al.*, 2003). El resultado es un mapa con distribuciones hipotéticas condicionadas por los datos de entrada y por factores bióticos e históricos (Yañez-Arenas *et al.*, 2012). Algunas veces en las áreas en donde el modelo ha predicho la potencial presencia de ciertas especies pueden no ser así, a veces se encuentran ocupadas por especies cercanas, o representan áreas con condiciones propicias en las cuales la especie de estudio falló su dispersión o en la cual se ha extinto (Anderson *et al.*, 2003).

Los modelos de distribución nos pueden ayudar a predecir la ubicación de la especie (distribución potencial), esta información es importante para la toma de decisiones en tema de conservación, principalmente de manera tentativa mientras se realizan estudios más específicos y a largo plazo, ayudando también a delimitar las áreas de estudio para un trabajo de investigación más intensivo (Naoki *et al.*, 2006).

2.6 Estudios realizados

La distribución del puma en México se encontraba en casi todo el país, pero dadas las interferencias antropogénicas en los ecosistemas, la mayor parte de la distribución actual del país es desconocida (De la Torre y Torres-Knoop, 2014) por lo que se han hecho estudios de distribución del puma a lo largo del país.

Ceballos *et al.* (2006) realizaron su estudio usando el algoritmo GARP (Genetic Algorithm for Rule-set Production) para la producción de mapas de distribución del *Puma concolor* para todo el país, siendo Oaxaca un hábitat altamente adecuado en el cual se pueda presentar esta especie.

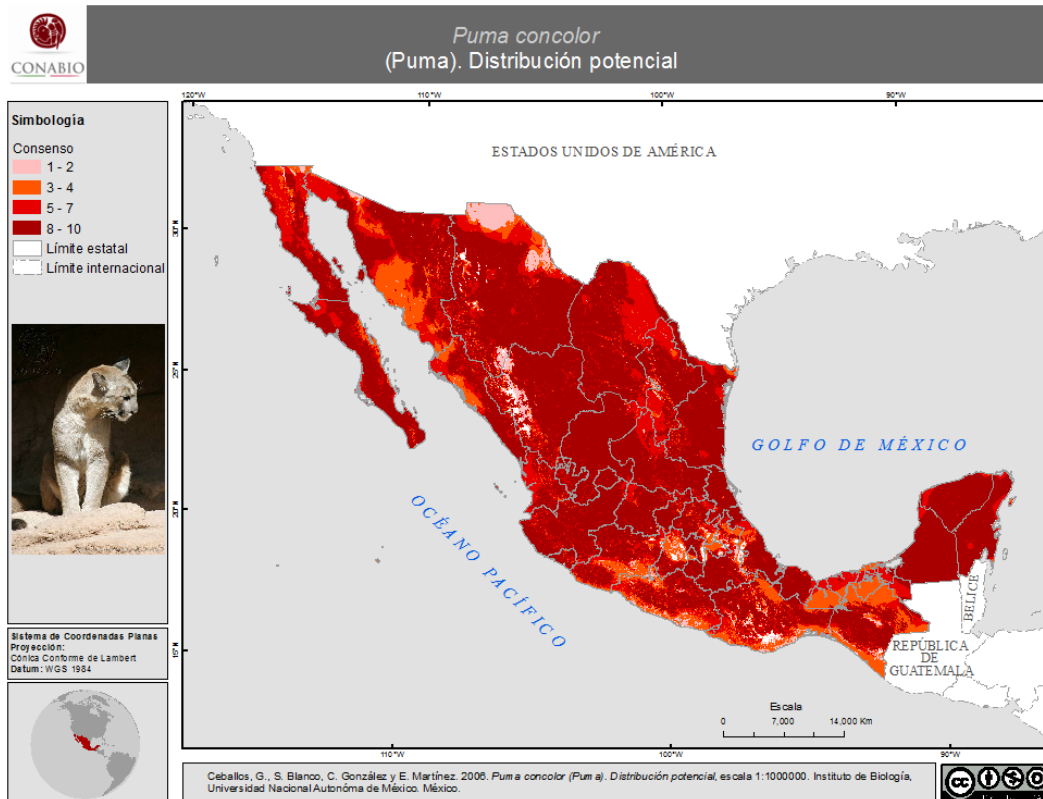


Figura 1. Distribución potencial de *Puma concolor* en México, por el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (CONABIO).

En el 2014, De la Torre y Torres-Knoop estudiaron la distribución potencial del puma en el estado de Aguascalientes, utilizando un modelo de nicho ecológico por medio del algoritmo MaxEnt, resultando en 41 registros bajo 19 variables climáticas y tres topográficas, obteniendo como resultado una mayor distribución en zonas serranas, regiones dominadas por bosques de encino y encino-pino, con una topografía accidentada. Zonas predichas por el modelo muestran áreas 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, mezquiales, pastizales naturales e inducidos) y a una topografía menos accidentada. A pesar de esto, en la actualidad, no se tienen registros confirmados de la presencia de pumas para regiones donde este modelo no predijo su presencia.

Por otro lado, Minjarez (2013) analizó en su estudio la distribución potencial del puma en el estado de Baja California con el algoritmo GARP, utilizando registros de especie-localidad con variables climáticas, elevación, pendiente e índice topográfico, la cual presentó una relación inversa a la altitud y la pendiente. El resultado dio una extensión de 21,571 km², lo cual equivale al 27% de la superficie de dicho estado, sin embargo, es preciso notar que, de la superficie potencial 6,496 km² se encuentran ocupados por actividades antrópicas, lo cual reafirma la importancia de realizar estos estudios que nos demuestren lo afectados que puedan estar los hábitats del puma.

Hernandez-Santin *et al.* (2012), predijeron la distribución actual y potencial de pumas en Texas y el norte de México, creando un modelo de adecuación de hábitat. Utilizaron el software MaxEnt para crear un modelo utilizando datos radiotelemétricos del sur y oeste de Texas. Los valores obtenidos indican que el modelo es adecuado para predecir hábitat y distribución, además, el mapa obtenido puede ayudar a identificar áreas donde son necesarias investigaciones para “detectar presencia, estado poblacional, conectividad de corredores, y otras características demográficas que son necesarias para la conservación y el manejo de pumas”.

3. JUSTIFICACIÓN

Pese a estar ubicado entre los cinco estados con mayor riqueza de vertebrados (Llorente y Ocegueda, 2008), en Oaxaca se presentan graves problemas para la conservación de su fauna, lo que se ha reflejado en la pérdida de su diversidad (Briones-Salas *et al.*, 2015). A pesar de que en la actualidad se consideran a los países tropicales como los más biodiversos, es en esta zona donde la tasa de pérdida de la biodiversidad ha aumentado en los últimos cincuenta años (Naoki *et al.*, 2006).

El conocimiento de la distribución y la existencia de las diferentes especies de mamíferos del estado es primordial para poder sugerir estrategias de conservación para las mismas (Briones-Salas *et al.*, 2015) por lo que las listas deben ser actualizadas periódicamente para ofrecer información precisa, y poder observar si existe una necesidad de inclusión de estas especies en las estrategias de conservación. El puma, al ser una especie con baja tolerancia a la actividad humana (Ávila-Nájera *et al.*, 2018), es clave para tomar acciones enfocadas en la preservación.

El conocimiento del puma en México ha ido en aumento los últimos años (De la Torre y Torres-Knoop, 2014), pero sigue existiendo la necesidad de generar modelos para esclarecer el estado actual de la distribución en diferentes regiones del país.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Identificar las zonas de distribución potencial del *Puma concolor* y generar un modelo predictivo de la distribución potencial para el estado de Oaxaca, México.

4.2 Objetivos específicos

- a) Reconocer las diversas condiciones climáticas que determinan la distribución del *Puma concolor*.
- b) Conocer la distribución del *Puma concolor* para sugerir estrategias de conservación de la especie.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Zona de estudio

5.1.1 Ubicación geográfica

El estado de Oaxaca está situado en la porción meridional de la República Mexicana. Limita al norte y noreste con Veracruz y Puebla, al este con Chiapas, al sur con el Océano Pacífico y al oeste con Guerrero. Políticamente está dividido en 30 distritos y 570 municipios (24% de los municipios del país). Tiene una extensión de 93 952 km², representa 4.8% de la superficie nacional, superficie que lo coloca en el quinto estado más grande de la República (Ordóñez, 2000).

5.1.2 Geología

El estado de Oaxaca presenta una amplia variedad de formas del terreno, resultado de la presencia de cinco provincias fisiográficas: el Eje Neovolcánico, Sierra Madre del Sur, Sierras de Chiapas y Guatemala, Llanura Costera del Golfo Sur y Cordillera Centroamericana (Figura 1; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2018). El 27.6% del territorio oaxaqueño pertenece a las Sierras Orientales, mientras que el 17.75% pertenece a la Cordillera Costera del Sur (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2013).

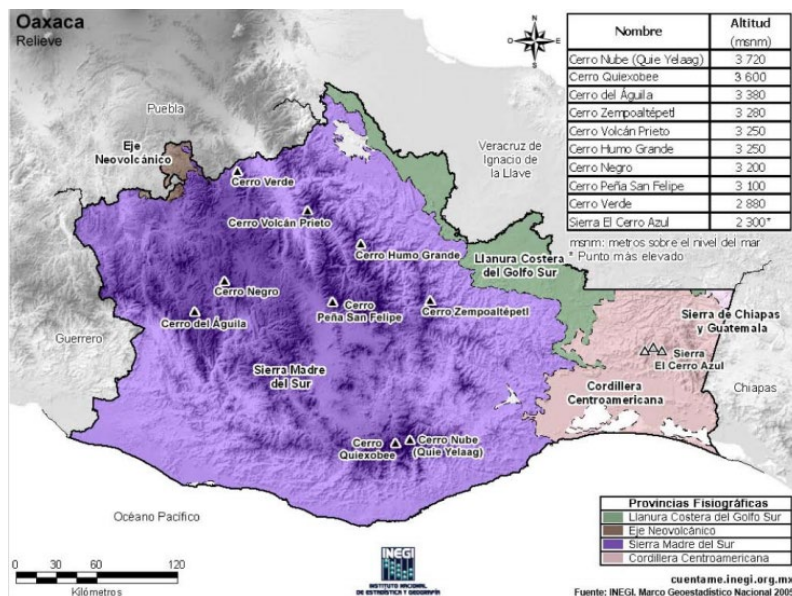


Figura 2. Relieve del estado de Oaxaca.

En cuanto al tipo de suelo, pese a la amplia diversidad que presenta, cuatro son los principales tipos, ocupando más del 80% de la superficie: Regosol (30.75%), Litosol (20.77%), Cambisol (15.59%) y Acrisol (14.97%).

5.1.3 Clima

El clima en el estado de Oaxaca es conocido por su gran diversidad, atribuida a factores como su posición geográfica, el relieve accidentado, la exposición a sistemas meteorológicos que se desarrollan tanto en la vertiente del Pacífico como la del Golfo, las corrientes marinas y la temperatura del océano, entre otras (CONABIO, 2018). La temperatura media anual de Oaxaca es de 18°C (INEGI, 2017), presentando el 47% de su territorio clima cálido subhúmedo (localizado en toda la zona costera y hacia el este); 22% cálido húmedo (en la región norte); 16% templado húmedo (en zonas altas orientales de los cerros Volcán Prieto y Humo Grande); 11% seco y semiseco (región centro sur y noroeste); el resto del estado presenta climas templados subhúmedo hacia el sur y noroeste del estado, principalmente en zonas con altitudes entre 2 mil y 3 mil metros (INEGI, 2013).

5.1.4 Flora

De la superficie total del estado de Oaxaca el 65.56% está cubierto por superficie forestal (61 582.41 km²) y el 34.44% restante (32 352.88 km²) se encuentra ocupado por zonas no forestales, entre las cuales se encuentran áreas agrícolas, asentamientos humanos, zonas urbanas, cuerpos de agua y áreas desprovistas de vegetación (SEMARNAT, 2014, como se citó en CONABIO, 2018).

Esta vegetación natural se encuentra distribuida en cuatro ecosistemas: pastizal (14.9%), selva (13.5%), bosque (9.3%) y matorral xerófilo (0.4%; INEGI, 2013). También es posible observar las once formaciones forestales consideradas a nivel nacional, siendo ampliamente distribuidas en la entidad las selvas altas y medianas, coníferas y latifoliadas y selvas bajas; se pueden encontrar 23 de los 32 tipos de vegetación descritos para el país (bosque de pino encino, bosque mesófilo de montaña, bosque de encino pino, bosque de encino, bosque de pino, bosque de táscate, bosque de mezquite, matorral crasicaule, matorral desértico rosetófilo,

vegetación de dunas costeras, chaparral, tular, pastizal halófilo, sabanoide, selva baja caducifolia, selva alta perennifolia, selva de galería, selva mediana subcaducifolia, selva mediana subperennifolia, selva mediana caducifolia, selva baja espinosa caducifolia, selva baja subcaducifolia, manglar; CONABIO 2018).

5.1.5 Fauna

Oaxaca cuenta con el 18.8% de especies de invertebrados (artrópodos) de México, teniendo 3112 especies registradas; en cuanto a vertebrados, se han reportado 1654 especies: 736 aves, 262 reptiles, 199 mamíferos, 140 anfibios y 275 peces. Del total de vertebrados, 128 son especies endémicas, entre los cuales destacan los anfibios con 58 (CONABIO, 2018).

Los vertebrados del estado presentan problemas de conservación, 33% se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con alguna categoría de riesgo, mientras que 71 especies (5%) se incluyen en las listas de Birdlife International y la UICN (International Union for Conservation of Nature; CONABIO, 2018).

5.2 Obtención de registros

De acuerdo a la disponibilidad de datos en la zona elegida, se obtuvieron de diferentes fuentes por medio de observaciones de campo. Se realizó un modelado de nicho ecológico a partir de dichos registros reportados para identificar las zonas potenciales de distribución del puma. Los registros de puma fueron obtenidos a través de la base de datos de CONABIO (https://enciclovida.mx/explora-por-region?utf8=%E2%9C%93&tipo_region=estado&pagina=1#7/17.114/-93.543).

Serán utilizados 129 registros de puma, obtenidos desde el año 2004 hasta el 2018.

5.3 Análisis del hábitat

Los pumas son conocidos por su capacidad de habitar una gran variedad de hábitats naturales (Foster *et al.*, 2010) pudiendo encontrarse en el bosque tropical caducifolio, subcaducifolio o perennifolio, matorral xerófilo y bosque mesófilo de montaña, pero principalmente en los bosques de pino- encino, ecosistemas que se pueden encontrar en el estado de Oaxaca (CONABIO, 2018); se han encontrado ejemplares distribuidos desde 0 – 3500 msnm, aun así, se encuentra mejor

representado entre 1500 y 2500 msnm (Chávez-Tovar, 2005, como se citó en Minjarez, 2013). Al ser el felino con mayor distribución en México, se asume que el puma podrá ser encontrado en todas aquellas zonas de estudio montañosas del estado (Minjarez, 2013).

En su estudio del 2010, Foster *et al.* encontraron patrones de actividad que denotaban una obvia preferencia de los pumas hacia rutas para viaje más sencillas, a través de una vegetación densa. Sin embargo, también se hizo obvia la poca tolerancia de esta especie hacia la actividad humana, afectando su distribución al mostrar evitación espacial y temporal de la perturbación humana.

5.4 Metodología para el análisis de la distribución potencial

Ocho datos bioclimáticos poco correlacionados fueron utilizados para el análisis de la distribución potencial: temperatura media anual, rango de temperatura diurna, isothermalidad, estacionalidad de temperatura, precipitación anual, precipitación del mes más seco, estacionalidad de la precipitación y la precipitación de los cuatro meses más cálidos (Naoki *et al.*, 2006); usando una resolución de 0.0083 grados (30 segundos; De la Torre y Torres-Knoop, 2014) estos datos bioclimáticos se obtuvieron de la base de datos de WORLDCLIM (Fick y Hijmans, 2017; <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>; Naoki *et al.*, 2006), así como la variable topográfica a utilizar, que en este caso será la altitud (Cuadro 1; Plasencia-Vázquez *et al.*, 2014).

En cuanto al re-muestreo de las capas, se utilizó el programa ArcGIS 3.2 y se delimitó el área de estudio recortando las zonas necesarias (Plasencia-Vázquez *et al.*, 2014).

Cuadro 1. Datos bioclimáticos (Naoki *et al.*, 2006) y topográficos (Plasencia-Vázquez *et al.*, 2014) que serán utilizados para el análisis de la distribución potencial.

Variables climáticas	Abreviatura
Temperatura media anual	BIO1
Rango de temperatura diurna	BIO2
Isotermalidad	BIO3
Estacionalidad de temperatura	BIO4
Precipitación anual	BIO12
Precipitación del mes más seco	BIO14
Estacionalidad de la precipitación	BIO15
Precipitación de los cuatro meses más cálidos	BIO18
Altitud	ALT

5.4.1 Modelación con MaxEnt

Para la elaboración de los mapas con la distribución potencial se utilizó el programa MaxEnt, se ha comprobado que este programa puede obtener resultados relativamente adecuados con tamaños de muestra pequeños, se mantuvieron los parámetros predeterminados (Phillips *et al.*, 2006) y se usó el 70% de las muestras para el diseño de la distribución potencial y el 30% restante para la validación de dicho modelo (Plasencia-Vázquez *et al.*, 2014).

Para la modelación se realizaron 100 réplicas utilizando el método de remuestreo bootstrap, se emplearon los valores del AUC (Area Under the Curve) de cada una de las réplicas para construir histogramas de frecuencias, pero para comprobar estadísticamente esta tendencia se utilizó un test Shapiro-Wilks con el programa Statistica (Plasencia-Vázquez *et al.*, 2014). Al comprobarse la distribución normal,

de las 100 réplicas del modelo, se seleccionó el valor de la mediana como representativo, esto para evitar el efecto de los valores extremos y, si el valor de la moda y la mediana coincide, podrá usarse cualquiera de los dos datos (Plasencia-Vázquez *et al.*, 2014).

Se evaluó el valor de la contribución que tiene cada variable ambiental en la predicción de los modelos analizando las medias de los resultados de dos vías del programa MaxEnt: estimación de porcentajes de contribución relativa y la prueba de Jackknife (Plasencia-Vázquez *et al.*, 2014).

La prueba Jackknife crea tres tipos de modelos: el primero con todas las variables excluyendo una para determinar cómo esta afecta al modelo; en el segundo se usa cada variable de manera independiente, para observar su aporte individual al modelo; el tercero construye el modelo usando todas las variables (Plasencia-Vázquez *et al.*, 2014). De estos modelos se seleccionó la variable más importante, o sea aquella que tenga un mayor aporte al modelo general, la que, al ser excluida del modelo, provoque un menor aporte de las demás variables al modelo.

En cuanto al porcentaje de contribución relativa de cada variable ambiental al modelo, se determinó añadiendo a cada repetición de entrenamiento el aumento en la ganancia regularizada a la variable que corresponda. Los valores que nos entrega el programa MaxEnt son porcentajes de contribución de cada variable, por lo que se seleccionó como las de mayor aporte a aquellas con una contribución relativa mayor al 50% y, en caso de que ninguna cumpla con esta condición, se seleccionaron como las más importantes las primeras en tener los mayores porcentajes de contribución que, sumados, alcancen más del 50%. Para observar cómo la influencia de las variables con mayor aporte actúa sobre la predicción del modelo se utilizarán las curvas respuesta que nos da MaxEnt, estas curvas nos muestran cómo afecta cada variable al modelo predictivo (Plasencia-Vázquez *et al.*, 2014).

6. RESULTADOS

6.1 Registros obtenidos

De acuerdo a las fuentes consultadas, se obtuvieron 129 registros válidos de la presencia del puma distribuidos en el estado de Oaxaca. Los datos fueron consultados en la base de datos de CONABIO.

6.2 Análisis estadísticos

Con los histogramas obtenidos se observó una tendencia de los datos a una distribución normal (Figura 3) y se comprobó con los resultados del test Shapiro-Wilks, que demostraron estadísticamente la normalidad de los datos ($W= 0.98$; $p= 0.20$). Como valor representativo de las 100 repeticiones, al ser el mismo el valor de la mediana y la media, se seleccionó el valor de la mediana, que fue de 0.944.

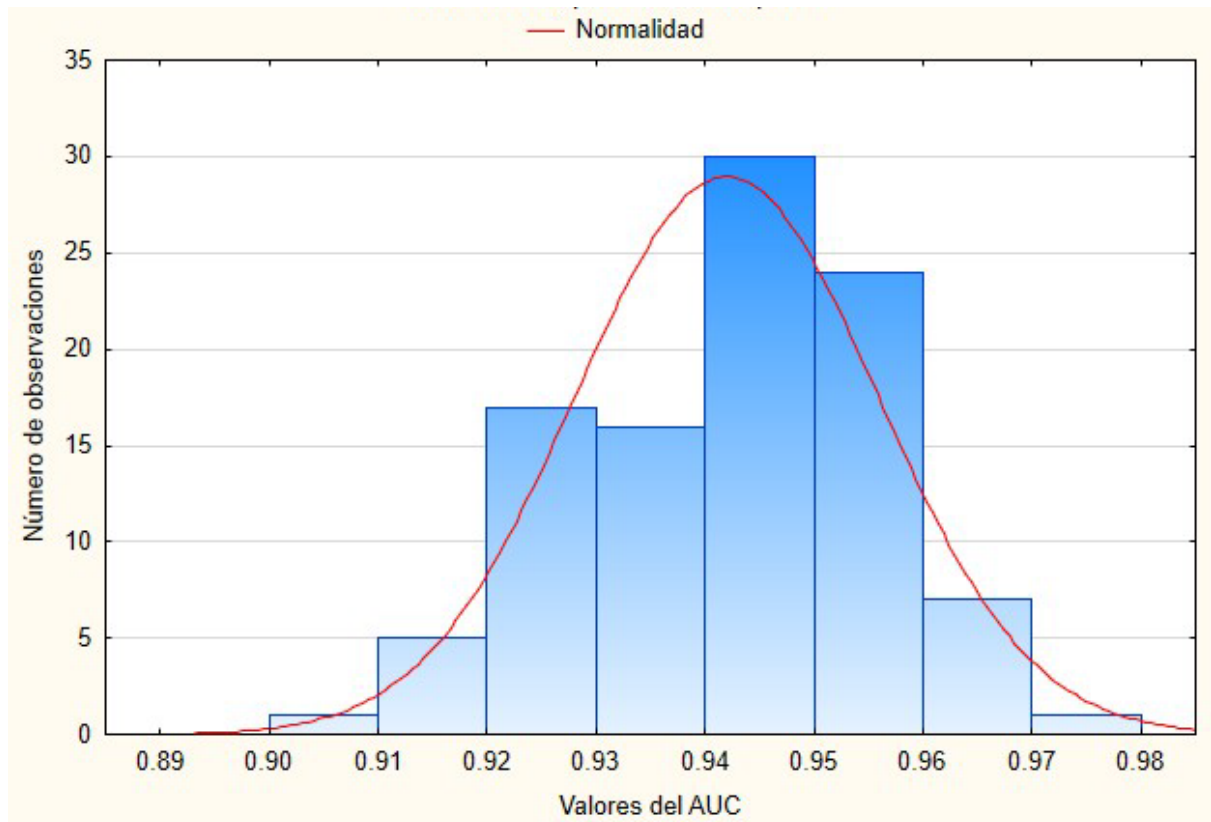


Figura 3. Histograma de frecuencia de AUC (Área Bajo la Curva).

Cuadro 2. Porcentaje de contribución relativa de variables ambientales a los modelos de distribución de *Puma concolor* en el estado de Oaxaca.

ALT	BIO1	BIO12	BIO14	BIO15	BIO18	BIO2	BIO3	BIO4
5%	18%	1.8%	20.3%	8.4%	4.1%	29.2%	12.3%	0.9%

Se observó que el mayor porcentaje de contribución para el modelo de distribución potencial es de las variables ambientales **BIO2** (29.2%) y **BIO14** (20.3%; Cuadro 2), por lo que sería correcto inferir que las variables que parecen condicionar mejor la distribución geográfica potencial es la precipitación del mes más seco (BIO14) y el rango de temperatura diurna (BIO2). En la prueba de Jackknife coinciden las variables con mayor porcentaje de aporte a las obtenidas en los porcentajes de contribución relativa para los modelos (Cuadro 2; Figura 4).

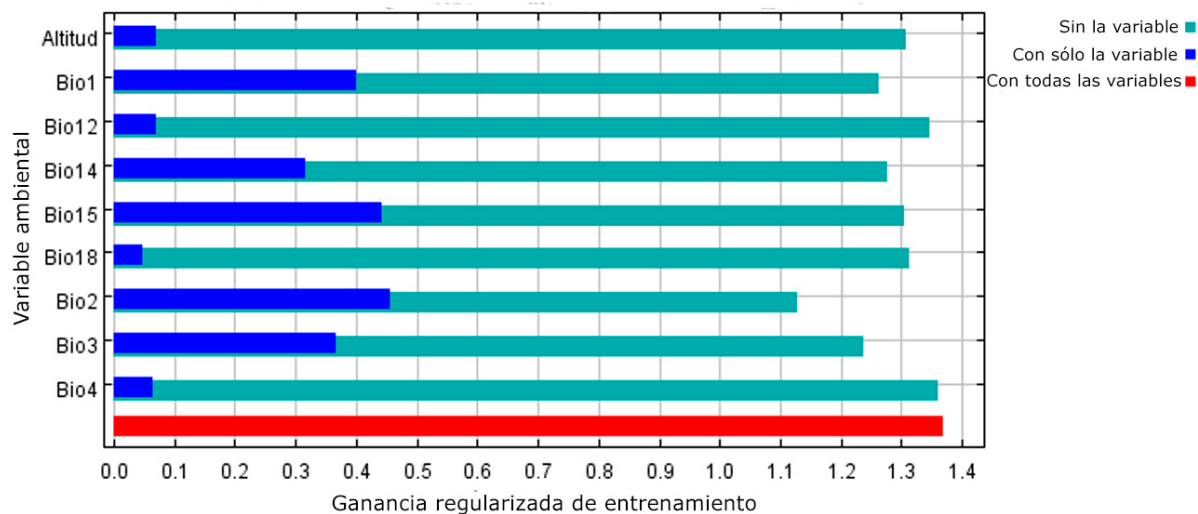


Figura 4. Jackknife sobre la importancia de las variables considerando el AUC con los datos de entrenamiento en el modelo de distribución potencial de *Puma concolor* en el estado de Oaxaca.

6.3 Distribución potencial del puma

La distribución de *Puma concolor* en el estado de Oaxaca (Figura 5) se presenta en zonas donde la vegetación dominante es el bosque de pino-encino, bosque mesófilo de montaña o selva baja caducifolia, es favorable en áreas cuya precipitación del mes más seco es de 40 mm, con un clima templado a semicálido subhúmedo dominante. Dichas condiciones se presentan en las regiones de la Sierra Norte y Cañada, contrario a zonas como la Mixteca, donde vemos muy bajo potencial de distribución, o las zonas de Valles Centrales con una actividad antrópica muy elevada.

Se puede observar que en el tipo de climas donde ocurre una mayor distribución de pumas (templado subhúmedo en bosques de pino-encino) coincide con la precipitación del mes más seco (CONABIO, 2018) y, además, con las zonas en las cuales se encontró una fuerte presencia de pumas en estudios previos, información que nos ayuda a confirmar la relación que existe entre las variables climáticas, tipo de vegetación y la presencia de *Puma concolor*.

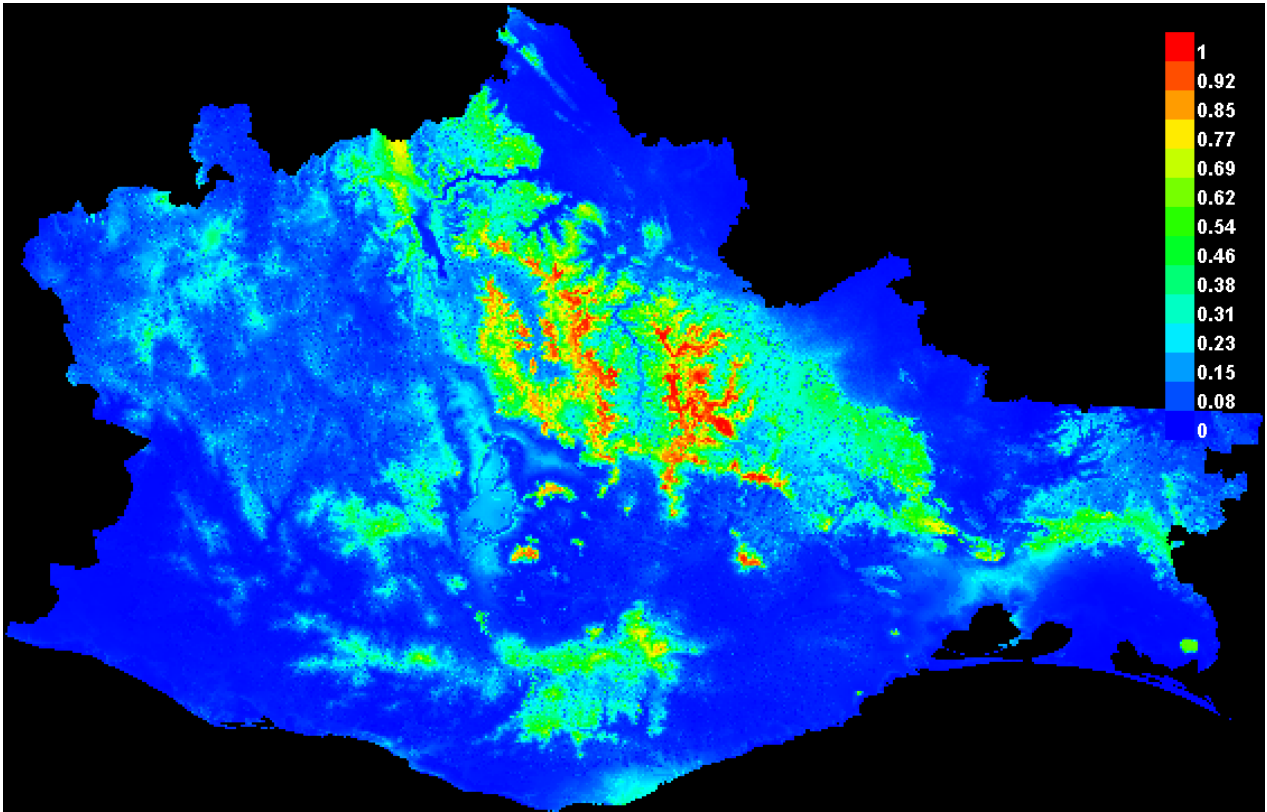


Figura 5. Distribución geográfica potencial de *Puma concolor* en el estado de Oaxaca, México obtenidas con el algoritmo de Máxima Entropía (MaxEnt), donde en las zonas con colores más cálidos se presentan áreas con mejores condiciones previstas.

El modelo nos confirma el potencial del estado de Oaxaca para la distribución del *Puma concolor*. La gran diversidad de climas y su extensión territorial, que es zona de transición entre la región Neotropical y Neártica, resultan en uno de los estados con mayor diversidad mastofaunística (Briones-Salas *et al.*, 2012), siendo una zona adecuada para la presencia de especies como el puma, lo que nos demuestra que, a pesar de ser una especie con hábitos flexibles (Foster *et al.*, 2010) tienen preferencia por hábitats particulares.

7. DISCUSIÓN

7.1 Registros obtenidos

Los registros que se obtuvieron de la base de datos coinciden con la distribución potencial que nos muestra MaxEnt (Figura 6), por lo que podemos notar que el uso de datos de presencia nos provee una ventaja en comparación al uso de datos de ausencia ya que estos suelen ser difíciles de conseguir y es menos probable encontrar una base de datos con este tipo de registros históricos (Galparsoro *et al.*, 2009).

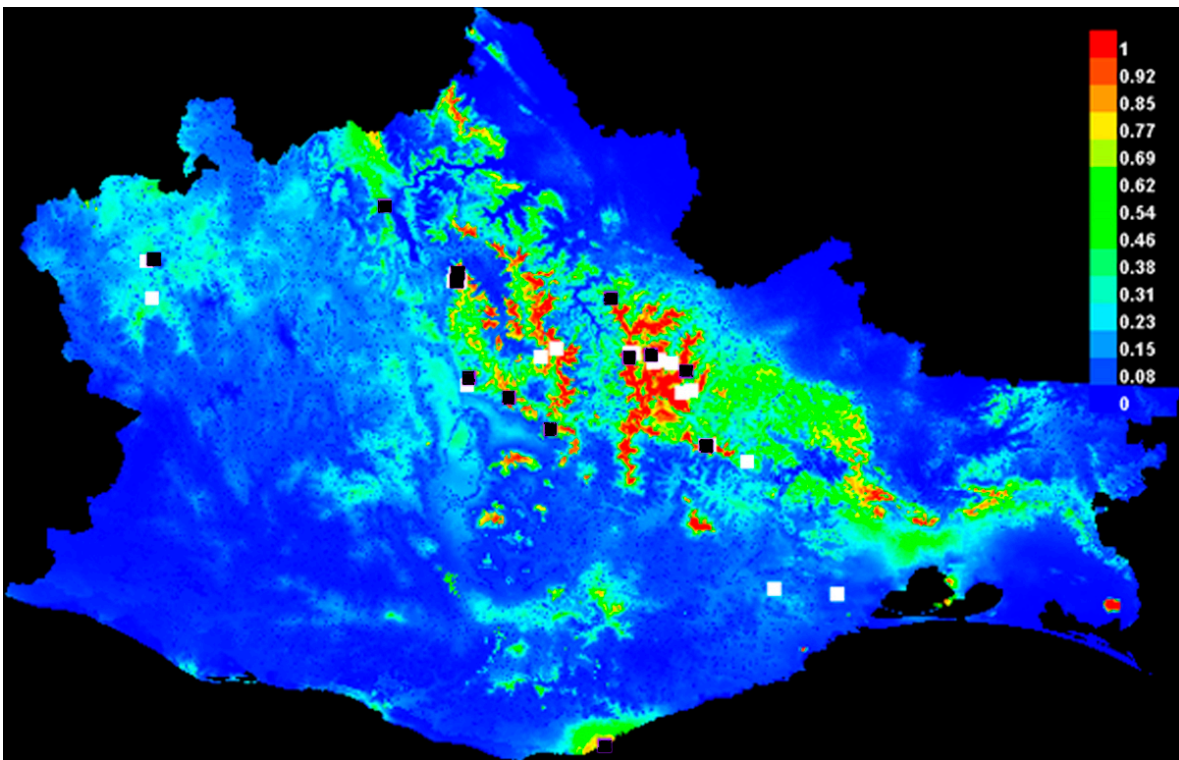


Figura 6. Distribución potencial de *Puma concolor*. Los cuadros blancos muestran las zonas con presencia de pumas que fueron utilizadas para entrenamiento del programa, mientras que los cuadros negros marcan las zonas potenciales.

Una de las problemáticas al momento de adquirir los registros es la falta de algunos datos básicos (como coordenadas o localidad), lo que provoca que a veces las muestras no lleguen a ser representativas, he aquí la importancia de mantener actualizadas las colecciones científicas, por la importancia de datos tan básicos como las fechas de colecta o las localidades de donde se obtienen (Minjarez, 2013).

En este estudio fue posible adquirir una cantidad adecuada de datos para realizar las modelaciones, lo que dio un modelo adecuado, lo cual se puede comparar con los datos de entrenamiento.

7.2 Zonas potenciales

7.2.1 Actividad antrópica

Para poder visualizar las áreas con actividad antrópica se utilizó el mapa de distribución potencial obtenido y se le sobrepuso un mapa de localidades de la República Mexicana (INEGI, 2019), lo que demostró que algunas de las zonas con presencia potencial de pumas se encuentran superpuestas con áreas que presentan actividad antrópica (Figura 7). Como mencionan Ávila-Nájera *et al.* (2018) la actividad humana impacta de manera negativa en la forma que se distribuirá el puma, pero en nuestro modelo de distribución podemos observar que, en la mayoría de las áreas con las mejores condiciones para la distribución del puma, no es tan fuerte la actividad y presencia humana (Figura 7), lo que dejaría con una predicción bastante cercana a la realidad.

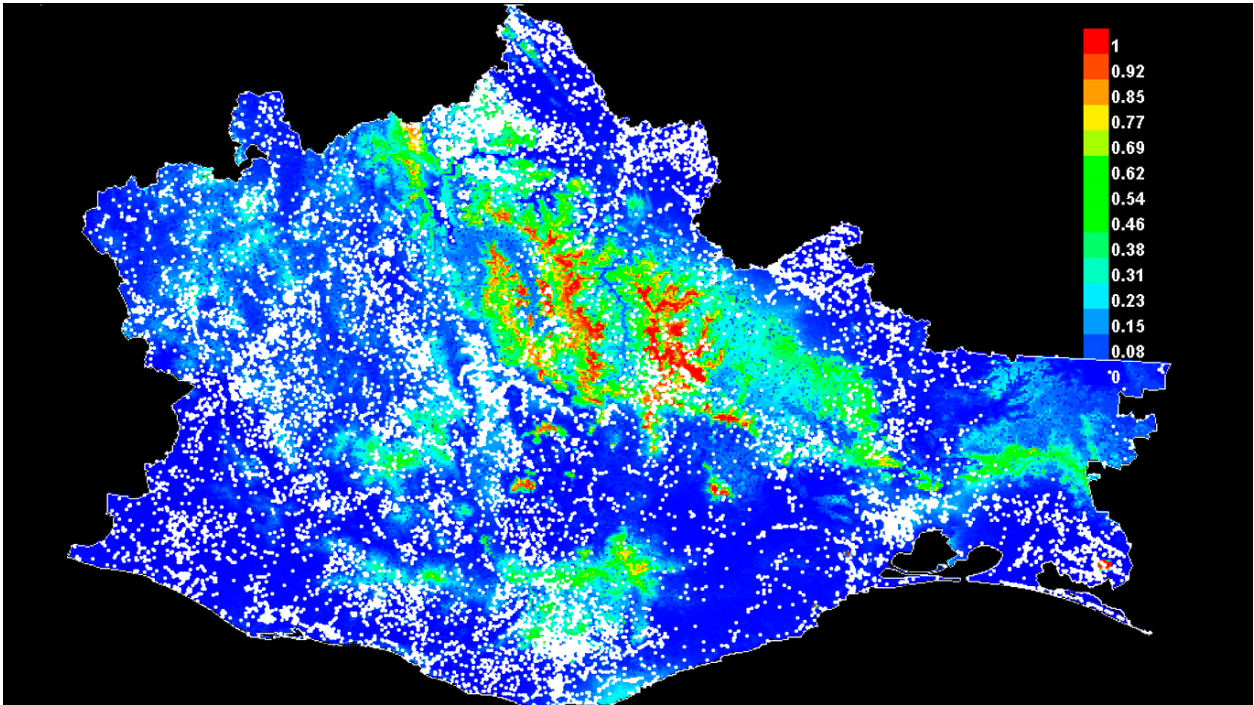


Figura 7. Distribución potencial de *Puma concolor* en el estado de Oaxaca. Las zonas blancas marcan la presencia de asentamientos humanos.

Sabemos que los pumas son animales con grandes áreas de actividad y poca presencia en paisajes fragmentados (Foster *et al.*, 2010), sin embargo, en el estudio existen zonas donde se ha encontrado una fuerte actividad humana muy cercana a la presencia registrada de pumas, una de las posibles causas serían las zonas de paso, áreas que los pumas utilizan para trasladarse de un lugar a otro, ya que estos animales prefieren los senderos anchos dentro de la densa vegetación forestal, producto de la facilidad que les provee para su movimiento (Foster *et al.*, 2010).

7.2.2 Vegetación

De acuerdo con Emmons y Feer (1990; como se citó en Foster *et al.*, 2010) los pumas pueden encontrarse en los hábitats presentes en el continente americano, aun así, se han observado principalmente en los bosques de coníferas y de encinos (CONABIO, 2018), ecosistemas ampliamente distribuidos en el estado de Oaxaca (Figura 8) con los bosques de coníferas comprendiendo 1 524 088.14 ha y bosques

de encino con 741 642.77 ha (CONABIO, 2018), lo que concuerda con la distribución potencial, producto de MaxEnt (Figura 2). Se observó que en el estado de Oaxaca la distribución potencial favorable del puma, está dada en zonas donde la vegetación dominante es el bosque mesófilo de montaña, selva baja caducifolia, pero principalmente en el bosque de pino-encino, lo que coincide con el estudio de CONABIO en el 2018.

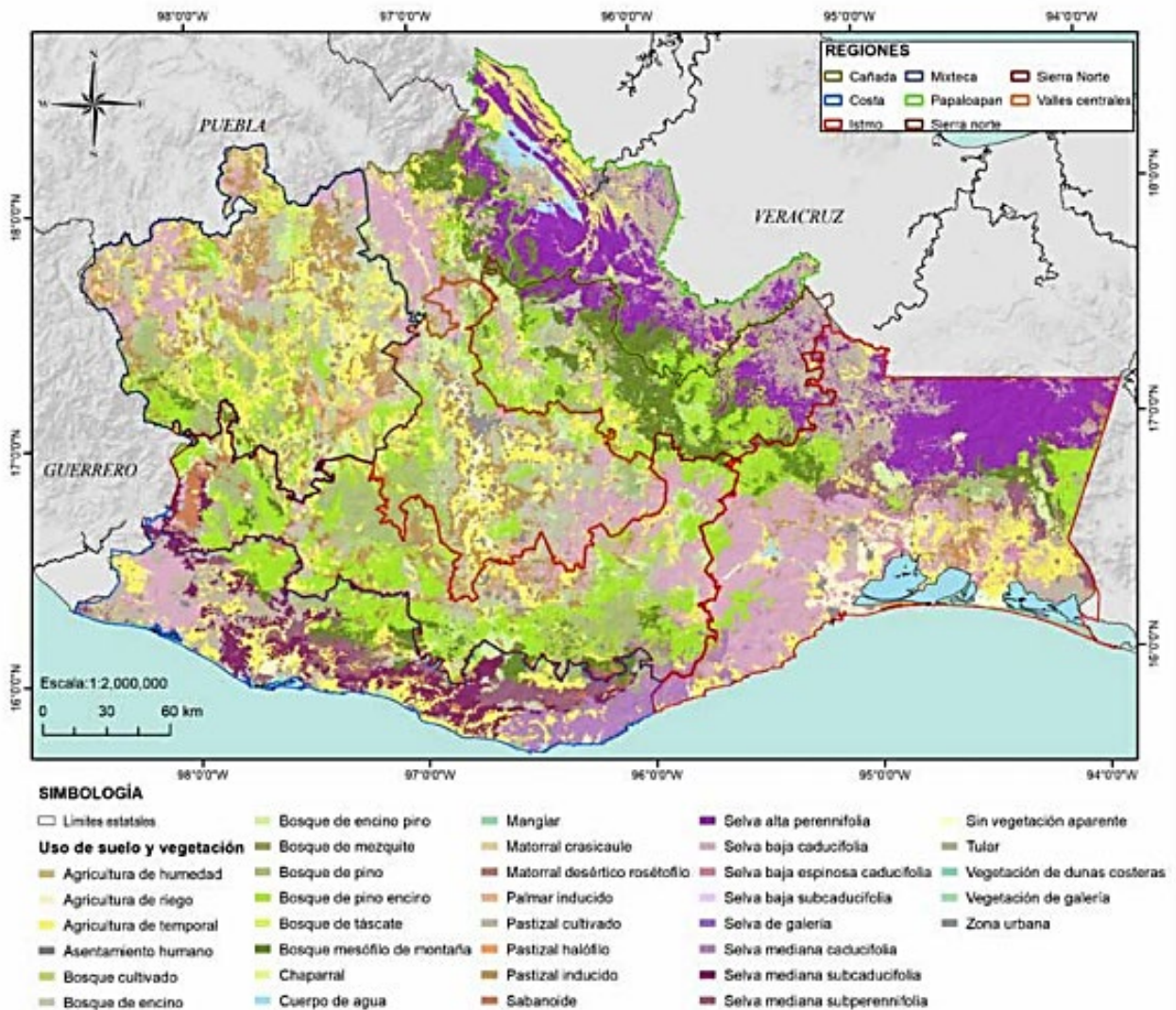


Figura 8. Tipos de vegetación en el estado de Oaxaca (CONABIO, 2018).

7.2.3 Clima

Las variables ambientales juegan un rol primordial para la predicción de la presencia del *Puma concolor* (Ávila-Nájera *et al.*, 2018); como se ha mencionado previamente, la presencia de los pumas se da, preferentemente, en zonas con condiciones neártica y tropical (Farías *et al.*, 2015) y en el estado de Oaxaca se encuentran tanto la región neártica como la neotropical (Masés-García *et al.*, 2016) las cuales comprenden regiones con climas templados y fríos (Morrone, 2005) y tropicales (Ojasti y Dallmeier, 2000) respectivamente. Al ser este un estado con una variedad de climas que van desde árido, cálido a templado subhúmedo (Figura 9), las condiciones para la presencia del puma son adecuadas, de acuerdo con la bibliografía mencionada, y como podemos observar en los resultados de distribución potencial, las zonas potenciales abarcan áreas con un clima templado a semicálido subhúmedo dominante.

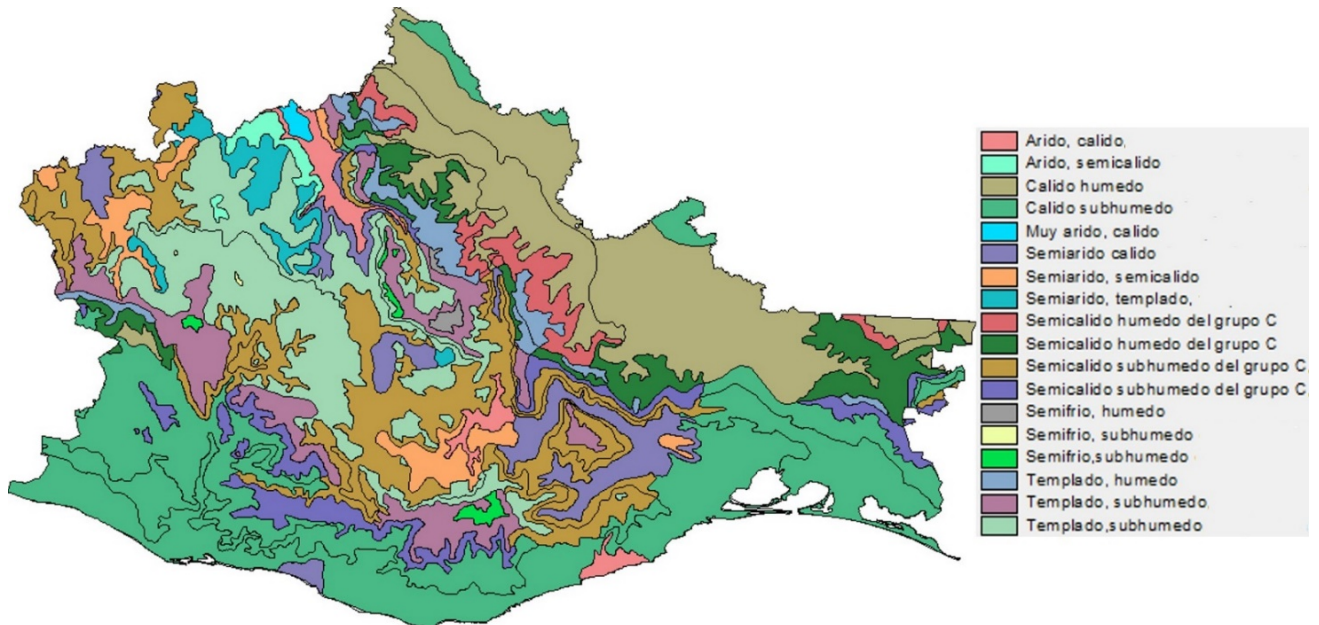


Figura 9. Tipos de climas en el estado de Oaxaca.

7.3 Distribución potencial del puma

Para el presente estudio, la calidad del modelo derivado podría considerarse buena de acuerdo con la prueba estadística aceptada (Galparsoro *et al.*, 2009). La distribución potencial obtenida en estos análisis coincide con lo propuesto por Ceballos *et al.* (2006), confirmando que Oaxaca es un estado con las condiciones adecuadas para la amplia distribución del puma.

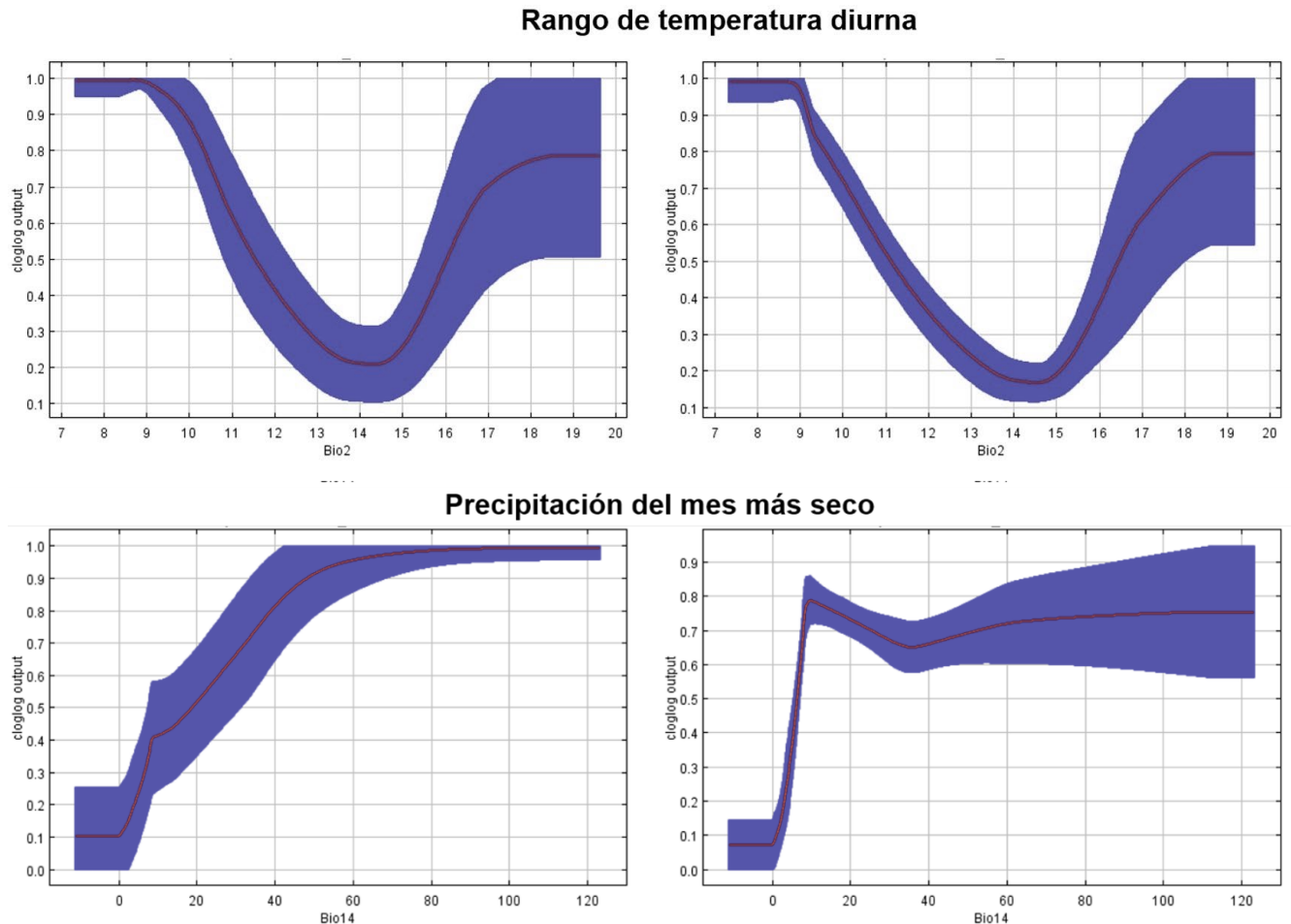


Figura 10. Curvas de respuesta de las variables ambientales utilizadas para generar los modelos de distribución geográfica potencial de *Puma concolor* en el estado de Oaxaca, con media de las 100 réplicas (color rojo) +/- desviación estándar (color azul). En el lado izquierdo encontramos la respuesta tomando en cuenta el efecto de todas las variables y del lado derecho teniendo en cuenta sólo el valor de la variable correspondiente.

El comportamiento de los modelos (Figura 10) nos permite distinguir el impacto que tienen las variables ambientales al momento de determinar la presencia potencial del puma. Es primordial la correcta elección de los modelos con MaxEnt ya que no se cuenta con un parámetro que, de manera automática, ayude a establecer el modelo más adecuado, como ocurre en el caso de otros algoritmos como GARP (Plasencia-Vázquez *et al.*, 2014).

En el estudio de Plasencia-Vázquez *et al.* (2014) sobre psitácidos, las variables climáticas y topográficas demostraron una gran influencia en la selección de hábitat por esta familia, sin embargo, las formaciones vegetales en las cuales se suelen encontrar no demostraron ser determinantes a la hora de distribuirse, sino el tipo de clima. En el caso del puma, el estudio demostró una distribución favorable en zonas con vegetación de tipo bosque mesófilo de montaña, selva baja caducifolia, pero principalmente en el bosque de pino-encino, ecosistemas que predicen su presencia (CONABIO, 2018), lo cual coincide con la hipótesis propuesta por Riley y Malecki (2001) lo que podría confirmar que existe una relación entre el tipo de vegetación y la presencia del puma.

En el año 2012, Ortiz-García *et al.*, se encargaron de estudiar la distribución potencial de tres especies de ungulados (pecarí de collar, venado cola blanca y temazate rojo), para el cual utilizaron diferentes variables para cada especie y se observó que, en el caso del pecarí de collar, del 100% de la zona potencial obtenida, sólo el 78% sería un área potencial tomando en cuenta el uso de suelo y vegetación en la zona; la variable que más aportó información a la construcción del modelo fue la estacionalidad de la temperatura. En cuanto al temazate rojo, a pesar de que el 33% de la zona de estudio presentaba características climáticas y topográficas adecuadas para su distribución potencial, el área se redujo a un 12% al considerar los tipos de vegetación, mostrando la estrecha relación de los temazates con los tipos de vegetación en contraste a lo mostrado por Plasencia-Vázquez *et al.* (2014) sobre psitácidos. Las variables con una mayor ganancia para el modelo fueron la isothermalidad, la precipitación del trimestre más frío, y el intervalo de temperatura anual. En cuanto al venado cola blanca, este contó con una distribución más amplia,

con abundantes variables bioclimáticas que mostraron una contribución del 91% para la construcción del modelo: precipitación total anual, la temperatura máxima del mes más cálido, y la isothermalidad, además de tomar en cuenta la distancia a las localidades como un punto primordial.

Un ejemplo importante en cuanto a estudios de distribución potencial es el trabajo de Briones-Salas *et al.* (2012) sobre el jaguar en Oaxaca, donde se demostró una distribución del 63.51% en bosques (principalmente bosque mesófilo de montaña y bosques de pino–encino) y el 36.49% en selvas (principalmente bosque tropical perennifolio y subperennifolio y bosque tropical caducifolio y subcaducifolio); los registros antiguos se encuentran en zonas modificadas por actividades agropecuarias y carreteras muy transitadas, por lo que es poco probable la presencia de esta especie en estas zonas, en cambio, los registros actuales corresponden a zonas montañosas, áreas de difícil acceso a las poblaciones. Uno de los principales factores a tener en cuenta al analizar los resultados de este estudio es la modificación que se continúa dando al hábitat de los pumas por la actividad humana. Como mencionan Rodríguez-Soto *et al.* (2011) en su estudio sobre *Panthera onca*, en México se ha ido aumentando la actividad agrícola, por lo que es urgente realizar constantes estudios de distribución para obtener un mejor entendimiento de la situación de las especies.

Se determinó que la distribución potencial de *P. concolor* se ve limitada a varias zonas dentro del estado de Oaxaca, principalmente en las regiones de la Sierra Norte y Cañada, además de pequeñas áreas dentro de todas las demás regiones (Figura 11), lo que concuerda con el estudio de distribución potencial elaborado por Ceballos *et al.* (2006). El modelo coincide con los datos de presencia registrados en la base de datos de CONABIO.

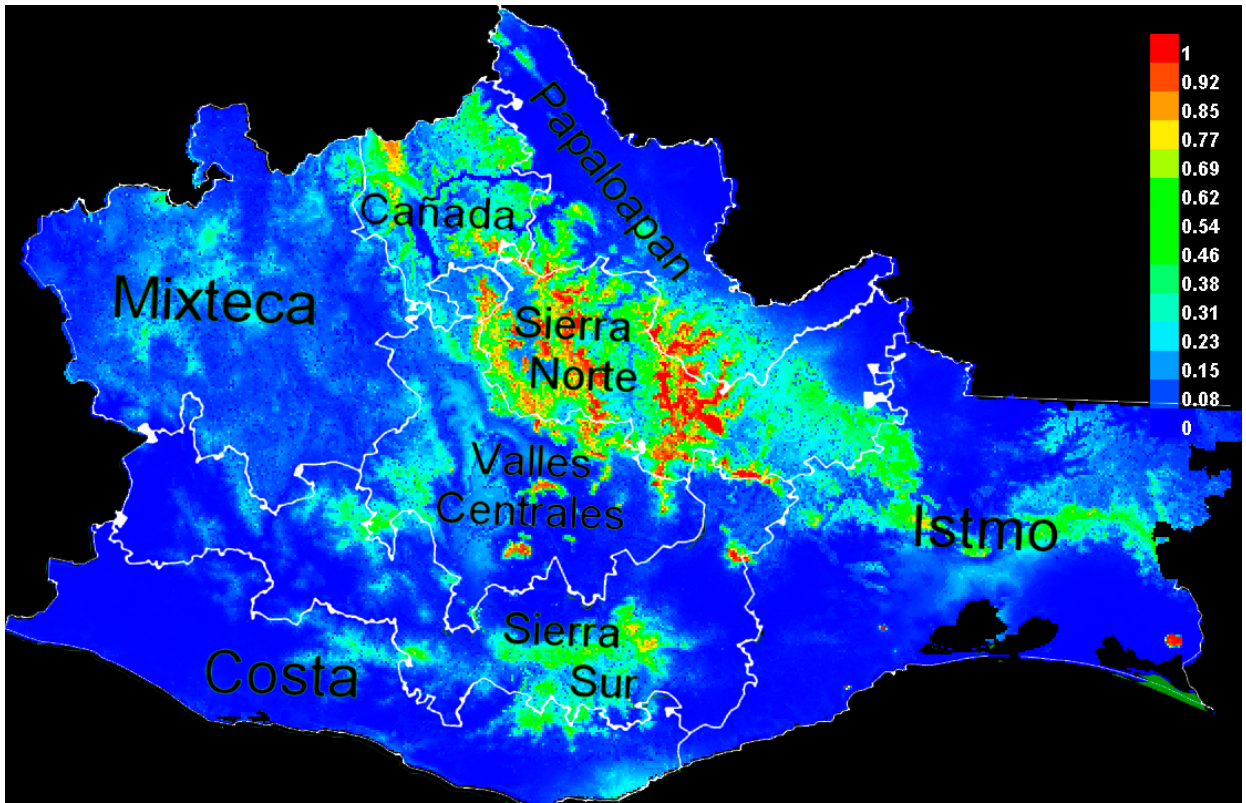


Figura 11. Distribución potencial de *Puma concolor* en el estado de Oaxaca con división política por regiones.

8. CONCLUSIONES

Se identificó correctamente las zonas de distribución potencial de *Puma concolor* en el estado de Oaxaca encontrándose principalmente en las regiones de la Sierra Norte y Cañada.

Las variables ambientales que parecen condicionar mejor la distribución geográfica potencial son la precipitación del mes más seco y el rango de temperatura diurna, sumado a esto, se puede observar que la presencia del puma se ve favorecida por las zonas donde la vegetación dominante es el bosque de pino-encino, bosque mesófilo de montaña o selva baja caducifolia y en áreas cuya precipitación del mes más seco es de 40 mm, con un clima templado a semicálido subhúmedo dominante.

Es importante notar que el presente estudio muestra una aproximación al verdadero estado de distribución del puma, es posible que la distribución real se vea afectada por la presencia y actividades antrópicas que han ido en aumento los últimos años.

Existen pocos estudios sobre la distribución del puma en el estado de Oaxaca, por lo que este estudio puede establecer un punto de partida para realizar actividades más precisas de conservación.

8.1 Recomendaciones

Es fundamental realizar estudios de campo para poder establecer correctamente las zonas de distribución real del puma en el estado de Oaxaca, así como aumentar los estudios en general, para poder generar más conocimiento del estado de los pumas y eventualmente lograr elaborar estrategias de conservación adecuadas para el adecuado manejo.

También es necesario identificar adecuadamente las zonas que necesitan protección ya que los pumas que se encuentran en contacto con zonas humanas suelen ser cazados (Foster *et al.*, 2010).

9. Bibliografía.

Anderson, R. P., Lew, D. y Peterson, A. T. (2003). *Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models*. Ecological Modelling, 162 (3): 211–232.

Ávila-Nájera, D. M., Chávez, C., Pérez-Elizalde, S., Guzmán-Plazola, R. A., Mendoza, G. D. y Lazcano-Barrero, M. A. (2018). *Ecology of Puma concolor (Carnivora: Felidae) in a Mexican tropical forest: adaptation to environmental disturbances*. Revista de Biología Tropical, 66(1): 78-90.

Barve, N., Barve, V., Jiménez-Valverde, A., Lira-Noriega, A., Maher, S. P., Peterson, A. T. y Villalobos, F. (2011). *The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling*. Ecological Modelling, 222(11): 1810-1819.

Briones-Salas, M. (2012). *Mamíferos de Oaxaca*. Therya, 3(3): 273-275.

Briones-Salas, M., Cortés-Marcial, M. y Lavariega, M. (2015). *Diversidad y distribución geográfica de los mamíferos terrestres del estado de Oaxaca, México*. Revista Mexicana de Biodiversidad, 86: 685 – 710.

Briones-Salas, M., Lavariega, M. y Lira-Torres, I. (2012). *Distribución actual y potencial del jaguar (Panthera onca) en Oaxaca, México*. Revista Mexicana de Biodiversidad, 83 (1): 246-257.

Ceballos, G., Blanco, S., González, C. y Martínez, E. (2006). *Puma concolor (puma)*. Distribución potencial. Extraído del proyecto DS006. *Modelado de la distribución de las especies de mamíferos de México para un análisis GARP*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Con un tamaño de píxel: 0.01 grados decimales. P. 5.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2018). *Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad del estado de Oaxaca*. CONABIO. Primera edición. Pp. 23-69

De la Torre, J. A. y Torres-Knoop, L. (2014). *Distribución potencial del puma (Puma concolor) en el estado de Aguascalientes, México*. Revista Mexicana de Mastozoología Nueva época, 4 (2): 45-56.

Farías, V., Téllez, O., Botello, F., Hernández, O., Berruecos, J., Olivares, S. J. y Hernández, J. C. (2015). *Primeros registros de 4 especies de felinos en el sur de Puebla, México*. Revista Mexicana de Biodiversidad, 86: 1065-1071.

Fernández, C. S. y Baldi, R. (2014). *Hábitos alimentarios del puma (Puma concolor) e incidencia de la depredación en la mortandad de guanacos (Lama guanicoe) en el noreste de la Patagonia*. Mastozoología neotropical, 21 (2): 331-338

Fick, S. E. y R. J. Hijmans. (2017). *WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas*. International Journal of Climatology, 37 (12): 4302-4315.

Foster, R. J., Harmsen, B. J. y Doncaster, C. P. (2010). *Habitat Use by Sympatric Jaguars and Pumas Across a Gradient of Human Disturbance in Belize*. Biotropica, 42(6): 724–731.

Galparsoro I., Borja, A., Bald, J., Liria, P. y Chust, G. (2009). *Predicting suitable habitat for the European lobster (Homarus gammarus), on the Basque continental shelf (Bay of Biscay), using Ecological-Niche Factor Analysis*. Ecological Modelling, 220: 556-567.

Hernández, C. G. E. (2008). *Dieta, uso de hábitat y patrones de actividad del puma (Puma concolor) y el jaguar (Panthera onca) en la selva maya*. Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época), 12(1): 113-130.

Hernandez-Santin, L., Harveson, P. y Harveson, L. (2012). *Suitable Habitats for Cougars (Puma concolor) in Texas and Northern Mexico*. The Southwestern Naturalist, 57(3): 314-318.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI (2013). *Conociendo Oaxaca*. Pp. 6-11

Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI. (2017). *Conociendo Oaxaca*. Séptima edición. P. 10

Llorente, J. y Ocegueda, S. (2008). *Estado del conocimiento de la biota*. Capital natural de México, Vol. I. Conocimiento actual de la biodiversidad. México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Pp. 283 – 322

Masés-García, C., Briones-Salas, M. y Sosa-Escalante, J. E. (2016). *Análisis del manejo y aprovechamiento legal de los mamíferos silvestres de Oaxaca, México*. Revista Mexicana de Biodiversidad, 87: 497 – 507.

Minjarez, I. (2013) *Análisis de la distribución del puma (Puma concolor) en Sierra la Giganta, Baja California Sur*. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Morales-Mejía, F. B., Arroyo-Cabrales, J. y Polaco, O. J. (2010). *Estudio comparativo de algunos elementos de las extremidades anteriores y posteriores y piezas dentales de Puma (Puma concolor) y Jaguar (Panthera onca)*. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 13(2): 73-90.

Morrone, J. J. (2005). *Toward a synthesis of Mexican biogeography*. Revista Mexicana de Biodiversidad, 76(2): 207-252.

Muñoz-Pedreros, A. y Yáñez J. (2000). *Mamíferos de Chile*. Ediciones CEA. Valdivia, Chile. 464 pp.

Naoki, K., Gómez, M. I., López, R. P., Meneses, R. I. y Vargas, J. (2006). *Comparación de modelos de distribución de especies para predecir la distribución potencial de vida silvestre en Bolivia*. Ecología en Bolivia, 41(1): 65-78.

Ojasti, J. y Dallmeier, F. (2000). *Manejo de fauna silvestre neotropical*. Washington, DC: Smithsonian Institution.

Ordóñez, M. J. (2000). *El territorio del estado de Oaxaca: una revisión histórica*. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 42. Pp. 67-86.

- Ortíz-García, A., Ramos-Robles, M., Pérez-Solano, L. y Mandujano, S. (2012). *Distribución potencial de los ungulados silvestres en la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, México*. *Therya*, 3(3): 334-348.
- Palma-Ordaz, S. y Delgadillo-Rodríguez, J. (2014). *Distribución potencial de ocho especies exóticas de carácter invasor en el estado de Baja California, México*. *Botanical Sciences*, 92 (4): 587-597.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P. y Schapire, R. E. (2006). *Maximum entropy modeling of species geographic distributions*. *Ecological Modelling*, 190 (3-4): 231–259.
- Plasencia-Vázquez, A. H., Escalona-Segura, G. y Esparza-Olguín, L. G. (2014). *Modelación de la distribución geográfica potencial de dos especies de psitácidos neotropicales utilizando variables climáticas y topográficas*. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*. 30(3):471-490.
- Reguerin, J. (2012). *Distribución potencial de especies de la familia Araliaceae de la región Madidi*. Tesis de Licenciatura. Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés.
- Riley, S. J. y Malecki, R. A. (2001). *A landscape analysis of cougar distribution and abundance in Montana, USA*. *Environmental Management*, 28(3): 317-323.
- Rodríguez-Soto, C., Monroy-Vilchis, O., Maiorano, L., Boitani, L., Faller, J. C., Briones, M. A. y Falcucci, A. (2011). *Predicting potential distribution of the jaguar (Panthera onca) in Mexico: identification of priority areas for conservation*. *Diversity and Distributions*, 17(2): 350-361.
- Ruíz-Velásquez, E., Andrés-Reyes, J. V. y Santos-Moreno, A. (2014). *Registros notables de tres especies de mamíferos del estado de Oaxaca, México*. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 325-327.
- Sánchez, O. 1988. *Murciélagos de México*. CONABIO. Biodiversitas, 20. 1-11.
- Servicio Agrícola y Ganadero; Corporación Nacional Forestal; Comisión Nacional del Medio Ambiente. (2009). *Plan Nacional de Conservación del Puma*. Segunda edición. 50 pp.

Yañez-Arenas, C., Mandujano, S., Martínez-Meyer, E., Pérez-Arteaga, A. y González-Zamora, A. (2012). *Modelación de la distribución potencial y el efecto del cambio de uso de suelo en la conservación de los ungulados silvestres del Bajo Balsas, México*. *Therya*, 3 (1): 67-79.