



Distribución actual y potencial del jaguar (*Panthera onca*) en Oaxaca, México

Present and potential distribution of the jaguar (*Panthera onca*) in Oaxaca, Mexico

Miguel Briones-Salas[✉], Mario C. Lavariega e Iván Lira-Torres

Laboratorio de Vertebrados Terrestres (Mastozoología), Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAX.), Instituto Politécnico Nacional. Hornos 1003, 71230 Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, Oaxaca.

✉ mbriones@ipn.mx

Resumen. En Oaxaca son escasos los registros que se conocen del jaguar (*Panthera onca*), por lo que en este trabajo se actualiza su distribución geográfica y genera un modelo de distribución potencial de la especie en el estado. Se revisaron literatura y bases de datos de colecciones científicas nacionales y extranjeras y se realizó trabajo de campo. Se obtuvieron 31 registros; de éstos, el 83.87% son del trabajo de campo y el 16.13% de la literatura y colecciones científicas. Los registros pertenecen a la clase I de veracidad; son principalmente cráneos y pieles (48.39%), huellas y excrementos (25.81%), en su mayoría de las regiones de la Sierra Madre de Oaxaca (53.33%) y de la Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (13.33%), en los municipios de Santiago Camotlán y Santa María Chimalapa, respectivamente. El 30% de estos registros proviene de bosque mesófilo de montaña. Las áreas comunales protegidas resultan una excelente estrategia de conservación, ya que dentro o cerca a ellas se encontró la mayor parte de los registros. El mapa de distribución potencial muestra 5 grandes regiones con alta probabilidad de presencia de la especie.

Palabras clave: áreas comunales protegidas, conservación, distribución geográfica, población, Sierra Madre de Oaxaca.

Abstract. There are only a few records for the jaguar (*Panthera onca*) in Oaxaca, hence it is considered to be a state with scarce knowledge on the species. This study presents an update regarding the geographic distribution of the species and generates a potential distribution model for the jaguar in the state. Data bases from national and international scientific collections and literature were reviewed and fieldwork was carried out. We obtained 31 records; 83.87% from fieldwork and 16.13% from literature and scientific collections. The selected records have a veracity class I, and they consist mainly in skulls and skins (48.39%), and footprints and scats (25.81%). Most of the records were located in the regions of Sierra Madre de Oaxaca (53.33%) and Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (13.33%), in the municipalities of Santiago Camotlán and Santa María Chimalapa, respectively. The cloud forest was the vegetation type with the most records (30%); the majority of them were found near communal protected areas, which therefore represent an excellent conservation strategy. The potential distribution map of the species shows 5 major regions in the state with high presence probability.

Key words: communal protected areas, conservation, geographic distribution, population, Sierra Madre de Oaxaca.

Introducción

El jaguar (*Panthera onca*) o “tigre” como se le conoce en el medio rural, es el felino más grande de América y el que presentaba la distribución histórica más amplia en el continente americano después del puma (*Puma concolor*). Habita desde Arizona y Nuevo México, en el sur de Estados Unidos, hasta Argentina (Seymour, 1989; Brown y López-González, 2000; Brown y López-González, 2001; McCain y Childs, 2008). En México, su distribución histórica abarcaba las regiones tropicales y subtropicales, desde Sonora y Tamaulipas, hasta Chiapas y la península de Yucatán, siguiendo las planicies costeras del Golfo y del Pacífico

(Chávez-Tovar et al., 2006); actualmente, su distribución es más reducida aunque incluye una porción considerable de su distribución histórica (Ceballos et al., 2006).

Debido a la reducción de su área de distribución y de sus poblaciones, así como a la modificación drástica de su hábitat y aprovechamiento no sustentable, que ponen en riesgo su viabilidad biológica en su hábitat natural, esta especie se encuentra clasificada en la categoría de “peligro de extinción”, por las leyes mexicanas (SEMARNAT, 2002) y en la de “cercanamente amenazada”, por la IUCN (IUCN, 2010) y en el apéndice I de CITES (CITES, 2008).

En el estado de Oaxaca existen pocos registros de jaguar (Goodwin, 1969; Hall, 1981; Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004); por esta razón, ha sido considerado por científicos especialistas como un “estado desconocido” en el estudio de esta especie (Sanderson et al., 2002). Estos

registros se localizan principalmente en la Sierra Madre de Oaxaca, en la Planicie costera del Pacífico, en la Sierra Madre del Sur y en la Depresión del istmo de Tehuantepec (Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004).

El registro más antiguo data de 1924, en el distrito de Pochutla y se encuentra depositado en el Museo de Zoología de Vertebrados de la Universidad de California, Berkeley; el segundo se registró en el distrito de Juchitán; el tercero y cuarto, en el distrito de Tehuantepec. Estos últimos 3 datan de 1943 y se encuentran depositados en el Museo de Historia Natural de los Estados Unidos, Smithsonian (Goldman, 1943; Goodwin, 1969; Hall, 1981). El quinto registro fue del distrito de Tehuantepec y se publicó en 1995 (Cervantes y Yépez, 1995).

En el año 2006 se informó sobre la presencia de jaguares en la región de Los Chimalapas, municipios de Santa María y San Miguel Chimalapa, de donde se mencionan 12 evidencias (Lira y Ramos-Fernández, 2007). Finalmente, en la región de la Chinantla en la Sierra Madre de Oaxaca, se obtuvieron las primeras fotocolectas de jaguar para el estado (Figel et al., 2009). Estos estudios sólo indican la presencia de la especie en algunas localidades, pero se carece de un análisis de su distribución estatal que permita analizar la problemática y proponer estrategias de conservación del felino a esa escala.

Por otra parte, en el país se han identificado áreas prioritarias para su conservación que se basan en factores como la presencia de la especie, el hábitat adecuado dentro de su distribución actual y el nivel de amenaza por actividades antropogénicas (Ceballos et al., 2006). Para el estado de Oaxaca destacan la región de Los Chimalapas (Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas), como área de prioridad I; el norte de Oaxaca (Sierra Madre de Oaxaca), como de prioridad II, y potencialmente, la Planicie costera del Pacífico y la Sierra Madre del Sur, como de prioridad III (Ceballos et al., 2006).

Sin embargo, sólo en 2 de estas regiones (Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas y Sierra Madre de Oaxaca) se han realizado muestreos y se han encontrado registros de jaguar por los autores y por otros investigadores (Goodwin, 1969; Hall, 1981; Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004; Lira y Ramos-Fernández, 2007; Luna, 2008; Figel et al., 2009), lo que no quiere decir que no exista la especie, sino más bien, indica la carencia de muestreos en otras regiones del estado. Para disminuir este sesgo, la elaboración de modelos de distribución potencial puede ser una buena herramienta que determine hábitats para la especie en el estado, sobre todo con un modelo robusto y confiable que incremente la precisión y ofrezca información más objetiva para encaminar nuevos muestreos y validar dichos modelos. De acuerdo con las características de los sitios donde se encuentra la especie de estudio, los modelos loca-

lizan otras áreas donde la especie se puede presentar (Elith et al., 2006).

Una de las técnicas que actualmente se utiliza para predecir la distribución geográfica de una especie es MaxEnt (máxima entropía; Elith et al., 2006), que realiza un modelo basado en el nicho, expresado como la representación del nicho ecológico de una especie bajo determinadas variables ambientales analizadas (Phillips et al., 2006; Pawar et al., 2007). El nicho ecológico es una propiedad de la especie y se define como un hipervolumen de n -dimensiones donde se encuentran las condiciones ambientales en las cuales puede sobrevivir (Hutchinson, 1957; Soberón y Peterson, 2005).

MaxEnt requiere el registro geográfico de las localidades donde se ubica la especie en cuestión y un grupo de variables ambientales determinantes para la especie. El resultado que se obtiene de esta interacción es la probabilidad de distribución de la especie en un área determinada. El programa proporciona las curvas de respuesta de la especie ante las variables ambientales y estima la importancia de cada variable en la distribución de la especie. El modelo se valida con el área bajo la curva (AUC) derivada de la curva operada por el receptor (ROC), características también presentes en el software (Phillips et al., 2006).

Dado que el desconocimiento sobre la distribución geográfica y la situación de conservación del jaguar en Oaxaca es enorme, el presente estudio tiene como objetivo aportar información reciente de registros confiables que actualicen los datos y generar con ello un modelo de distribución potencial del jaguar para Oaxaca. El análisis de los registros se hace en relación con distritos, municipios, vegetación, áreas naturales protegidas y áreas comunales protegidas en el estado, y se discute su importancia para la conservación de la especie.

Materiales y métodos

Área de estudio. El estado de Oaxaca se ubica en la porción meridional de la República Mexicana (18°39'-15°39' N, 93°52'-98°32' O), cuenta con una extensión de 95 364 km², que representa el 4.8% del territorio nacional y está habitado por 16 grupos étnicos. Se divide en 12 subprovincias fisiográficas (regiones fisiográficas) con altitudes desde 0 hasta 3 500 m snm (Ortiz Pérez et al., 2004). Presenta los 12 tipos principales de clima (Trejo, 2004) y 26 de vegetación (Torres-Colín, 2004).

Distribución geográfica del jaguar en Oaxaca. Para obtener los registros actuales del jaguar en el estado, se recabó la información existente en la literatura científica sobre la distribución de la especie en Oaxaca (Cervantes y Yépez, 1995; Figel et al., 2009), y se revisaron bases de datos de museos y colecciones científicas nacionales: Colección

Nacional de Mamíferos (CNMA), Colección de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN (ENCB), Colección del Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM (MZFC-M), Colección de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAMI) y Colección Mastozoológica del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, IPN, (OAXMA); y colecciones extranjeras como: Field Museum Natural History (FMNH), University of California, Berkeley, Museum of Vertebrate Zoology (MVZ), American Museum of Natural History (AMNH), Texas A&M University (TWWC), Los Angeles County Museum (LACM), Museum of Zoology, University of Michigan (UMMZ), Texas Tech University (TTU), University of New Mexico, Museum of Southwestern Biology (MSB), Carnegie Museum of Natural History (CM), University of Florida, Florida Museum of Natural History (UF) y Natural History Museum, Kansas University (KU).

Una segunda fase consistió en reunir información de recolectas recientes realizadas por los equipos de trabajo de los autores en varias regiones del estado donde se indicó la presencia de la especie. Las principales regiones visitadas fueron la Sierra Madre de Oaxaca, la Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (Los Chimalapas); la Sierra Madre del Sur; la Planicie costera del Pacífico, la Planicie costera y Ejes plegados del Golfo y la Planicie costera de Tehuantepec (véase Ortiz-Pérez et al., 2004).

Durante cada visita se tuvieron entrevistas informales con los pobladores de las comunidades con el propósito de ubicar la presencia de jaguares en sus terrenos comunales o ejidales. Confirmada la presencia del jaguar en la zona, se realizaron caminatas de al menos 5 km para la búsqueda de evidencias, como restos de jaguar (e.g. cráneos u otros huesos) que fueron corroborados por medio de claves especializadas (Hall, 1981); así como huellas, excrementos, restos de animales cazados por jaguar y marcas (e.g. rasguños) siempre y cuando éstas estuvieran asociadas por lo menos a 2 evidencias (e.g. huellas y excretas, rasguños y huellas, etc.), y al testimonio oral de los pobladores; en caso contrario, se eliminó la evidencia como un registro confiable. Ubicados los rastros en el campo, se procedió a obtener moldes en yeso y fotografías para el caso de las huellas, mismos que fueron depositados en la Colección Mastozoológica del CIIDIR-OAX., IPN (OAX.MA.026.0497). Se diferenciaron las huellas de jaguar de las de puma por su tamaño y forma (Rabinowitz y Nottingham, 1986; Aranda, 1994, 2000). Los excrementos (asociados a huellas) y los restos de animales encontrados en el campo se recolectaron y fotografiaron para su posterior identificación en el laboratorio. Por otra parte, se ubicó e identificó material biológico de la especie (pieles, restos óseos, colmillos, etc.) en propiedad de los pobladores de los sitios visitados. De esta manera

se examinaron, midieron y fotografiaron principalmente cráneos y pieles procedentes de colecciones particulares.

Para todas las evidencias encontradas, se intentó obtener la siguiente información: localidad del registro (ubicación con coordenadas geográficas), altitud, fecha del registro, sexo, edad y motivo (en caso de haber sido cazado). También se tomaron notas sobre el tipo de vegetación o uso de la tierra en el cual se registró o, en su caso, se cazó al animal. Del total de registros obtenidos se seleccionaron sólo aquellos que presentaron el criterio de veracidad "clase I", establecido por Tewes y Everett (1982), que implica posesión u observación directa del animal, posesión del animal o piel por el observador, fotografía del animal tomada en el sitio, o bien, fotografía de la piel, excremento o huellas tomada en el sitio. Se eliminaron todos aquellos registros que no cumplieron con este criterio de veracidad.

Para el análisis de la información, los registros obtenidos se ubicaron geográficamente en un mapa del estado y se superpusieron mapas temáticos de distritos y municipios (obtenidos de INEGI a una escala de 1:250 000); de vegetación (obtenidos del Inventario Nacional Forestal, 2000; Palacio et al., 2000); de áreas naturales protegidas (áreas con decreto federal o estatal), de áreas comunales protegidas (áreas sin decreto oficial), y de regiones terrestres prioritarias (obtenidos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, CONANP, de la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad, CONABIO, y del Fondo Mundial para la Naturaleza WWF/México, por sus siglas en inglés) (www.conabio.gob.mx; www.conanp.gob.mx; Arriaga et al., 2000; Ortega del Valle et al., 2010).

Modelo de distribución potencial del jaguar en Oaxaca. Se realizó un modelo de distribución potencial del jaguar para Oaxaca mediante el programa MaxEnt versión 3.2.1. (<http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent>), capturando como datos de entrada los registros de presencia en las coordenadas de latitud y longitud de las localidades en todo el estado, obtenidos a partir de 1990 (n= 26; véase Cuadro 1).

Para generar el modelo, se utilizaron las siguientes coberturas ambientales en formato RAW con una resolución de 1 km², obtenidas de la base de datos de Worldclim: temperatura media anual, media mensual diaria, isoterma, temperatura estacional, máxima del mes más cálido, mínima del mes más frío y el intervalo anual; las temperaturas medias del cuarto trimestre más húmedo, del más seco, del más cálido y del más frío. Asimismo, la precipitación anual, la del mes más húmedo y la del más seco; la precipitación estacional, la del cuarto trimestre más húmedo y la del más seco, la del más cálido y la del más frío (Hijmans et al., 2005; www.worldclim.com); asimismo, elevación, pendiente, orientación de la pendiente e índice de topogra-

Cuadro 1. Registros históricos publicados o registrados en colecciones científicas nacionales o internacionales (1-5) y recientes (6-30) de jaguar (*Panthera onca*) con evidencia tipo I en el estado de Oaxaca

Núm. Reg.	Fecha	Localidad, altura (m snm)	Tipo de registro (Evidencia)	Región (Distrito)	Vegetación	Coordenadas
1	1924	Santa María Colotepec, 16.09 Km N, Mpio. Santa María Colotepec, (600)	<i>Esqueleto completo</i> Colección científica University of California, Berkeley, Museum of Vertebrate Zoology (MVZ 35317; Hall, 1981)	Planicie costera del Pacífico (Pochutla)	Bosque tropical subcaducifolio (selva mediana)	16°02'36" N, 96°56'15" O
2	1943	Chivela, Mpio. Asunción Ixtaltepec, (86)	<i>Cráneo</i> Bibliográfico (Goldman, 1943; Goodwin, 1969; Hall, 1981) y Colección científica (United States National Museum, Smithsonian Institution, Washington, D.C.; USNM)	Depresión Ístmica de Tehuantepec (Juchitan)	Bosque tropical perennifolio-urbana	16°42'43" N, 94°59'42" O
3	1943	Tehuantepec, Mpio. Santo Domingo Tehuantepec (90)	<i>Cráneo</i> Bibliográfico (Goldman, 1943; Goodwin, 1969; Hall, 1981) y Colección científica (United States National Museum, Smithsonian Institution, Washington, D.C.; USNM)	Planicie costera de Tehuantepec (Tehuantepec)	Bosque tropical caducifolio (selva baja)-urbana	16°19'24" N, 95°14'12" O
4	1943	Tehuantepec, Mpio. Santo Domingo Tehuantepec (90)	<i>Cráneo</i> Bibliográfico (Goldman, 1943; Goodwin, 1969; Hall, 1981) y Colección científica (United States National Museum, Smithsonian Institution, Washington, D.C.; USNM)	Planicie costera de Tehuantepec (Tehuantepec)	Bosque tropical caducifolio (selva baja)-urbana	16°19'24" N, 95°14'12" O
5	1995	Entre Santiago Astata, 58 km O Salina Cruz y Santa María del Mar, 33 km E Salina Cruz (100)	<i>Bibliográfico</i> (Cervantes y Yépez, 1995)	Planicie costera del Pacífico (Pochutla) y Planicie costera de Tehuantepec	Manglar; bosque tropical caducifolio (selva baja); matorral espinoso	15°58'54" N, 95°40'14" O
6	1950	Cascadas La Gloria, 8 km E Sta. María Xadani, Mpio. San Miguel del Puerto (800)	<i>Piel y cráneo</i> Colección particular (observación y fotografía de cráneo y piel)	Planicie costera del Pacífico (Pochutla)	Bosque tropical subcaducifolio-cafetal	15°59'50" N, 96°05'56" O
7	1990	San Pedro Tlatepusco, Mpio. San Felipe Usila (793)	<i>Piel de animal sacrificado</i> (Colección particular)	Sierra Madre de Oaxaca (Tuxtepec)	Agrícola (potrero con remanentes de encinar y selva alta perennifolia)	17°47'21" N, 96°28'31.2" O
8	1993	Rancho La Bellísima, 3 km N Santiago Camotlán, Mpio. Santiago Camotlán (1200)	<i>Cráneo</i> Colección particular (observación y fotografía)	Sierra Madre de Oaxaca (Villa Alta)	Bosque mesófilo de montaña	17°29'13" N, 96°11'25" O
9	1997	Cerro Palma 4 km NE, Santa María Chilchotla, Mpio. Santa María Chilchotla (769)	<i>Piel</i> Colección particular (fotografía)	Sierra Madre de Oaxaca (Teotitlán)	Agrícola; bosque mesófilo-bosque tropical perennifolio (selva alta)	18°18'23.57" N, 96°48'3.54" O

Cuadro 1. Continúa

Núm. Reg.	Fecha	Localidad, altura (m snm)	Tipo de registro (Evidencia)	Región (Distrito)	Vegetación	Coordenadas
10	1998	Laaduú, campamento C.F.E., 7.5 km E La Esperanza, Mpio. Santiago Comaltepec (400)	<i>Huella y heces</i> Colección científica Colección Regional de Mamíferos de Oaxaca (molde de huella de la pata trasera en yeso, OAXMA 3960)	Sierra Madre de Oaxaca (Ixtlán)	Bosque tropical perennifolio (selva alta)-bosque mesófilo de montaña	17°37'18.46" N, 96°12'6.8" O
11	1999	San Antonio del Barrio, 13.17 km SSO de Usila, Mpio. San Felipe Usila (760)	<i>Individuo sacrificado</i> Colección particular (fotografía)	Sierra Madre de Oaxaca (Tuxtepec)	Agrícola (acahual de entre 5 a 15 años, con remanentes de encinar y selva alta perennifolia)	18°18'23.57" N, 96°48'3.54" O
12	2000	Santiago Tlatepusco, 9.6 km S de Usila, Mpio. San Felipe Usila (368)	<i>Cráneo</i> Colección particular (observación y fotografía)	Sierra Madre de Oaxaca (Tuxtepec)	Agrícola (potrero con acahuales de entre 5 a 15 años) contiguo a encinar	17°37'18.46" N, 96°12'6.8" O
13	2002	Rancho La Bellísima, 3 km N Santiago Camotlán, Mpio. Santiago Camotlán (1200)	<i>Cráneo</i> Colección particular (observación y fotografía)	Sierra Madre de Oaxaca (Villa Alta)	Bosque mesófilo de montaña	17°29'13" N, 96°11'25" O
14	2002	Rancho Yajoni, 5.2 km NO Santiago Camotlán, Mpio. Santiago Camotlán (1134)	<i>Cráneo</i> Colección particular (observación y fotografía)	Sierra Madre de Oaxaca (Villa Alta)	Bosque mesófilo de montaña	17°29'14" N, 96°12'45" O
15	2003	Santa María Xadani, 2.76 km NO, Mpio. San Miguel del Puerto (882)	<i>Piel</i> Colección particular (fotografía)	Planicie costera del Pacífico (Pochutla)	Bosque tropical subcaducifolio (selva media)-cafetal	15°58'15.78" N, 96°05'27.43" O
16	2004	Rancho el Mameyal, 8.10 km NE La Esperanza, Mpio. Santiago Comaltepec (800)	<i>Huella y heces</i> Colección científica Colección Regional de Mamíferos de Oaxaca (molde de huella de la pata delantera y trasera; OAXMA 3961)	Sierra Madre de Oaxaca (Ixtlán)	Bosque mesófilo de montaña-cafetal	17°40'33.7" N, 96°18'47" O
17	2004	Cristo Rey La Selva, 7.5 km SE Ayotzintepic, Mpio. Santiago Camotlán (400)	<i>Observación visual</i> Individuo capturado y liberado por pobladores (fotografía)	Sierra Madre de Oaxaca (Villa Alta)	Bosque tropical perennifolio (selva alta); bosque tropical subperennifolio (selva mediana)	17°36'06" N, 96°06'55" O
18	2004	San Isidro Chacalapa 5.76 km NE, Mpio. San Pedro Huamelula (505)	<i>Huella</i> (fotografía)	Planicie costera del Pacífico (Tehuantepec)	Bosque tropical caducifolio (selva baja); bosque tropical subcaducifolio (selva mediana)	15°58'03" N, 95°54'10" O
19	2005	Finca Soconusco, Mpio. Pluma Hidalgo (916)	<i>Huella y diente</i> Colección científica Colección Regional de Mamíferos de Oaxaca (molde yeso de huella y diente canino; OAXMA 3962)	Sierra Madre del Sur (Pochutla)	Bosque mesófilo de montaña-cafetal	15°56'35.6" N, 96°26'35.5" O
20	2005	Rancho La Bellísima, 3 km N Santiago Camotlán, Mpio. Santiago Camotlán (1200)	<i>Excreta</i> (fotografía)	Sierra Madre de Oaxaca (Villa Alta)	Bosque mesófilo de montaña	17°29'13" N, 96°11'25" O

Cuadro 1. Continúa

Núm. Reg.	Fecha	Localidad, altura (m snm)	Tipo de registro (Evidencia)	Región (Distrito)	Vegetación	Coordenadas
21	2006	Congregación La Fortaleza 10 Km SO, Mpio. Santa María Chimalapa (100)	<i>Piel</i> Colección particular (fotografía).	Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (Juchitán)	Bosque tropical subperennifolio (selva mediana); vegetación secundaria	17°08'18" N, 94°12'15" O
22	2006	Congregación de San Francisco La Paz, municipio Santa María Chimalapa (80)	<i>Piel</i> Colección particular (fotografía).	Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (Juchitán)	Bosque tropical perennifolio (selva alta); bosque mesófilo de montaña	17°05'53" N, 94°07'43" O
23	2006	Ejido El Porvenir, municipio de San Miguel Chimalapa (80)	<i>Piel</i> Colección particular (fotografía).	Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (Juchitán)	Bosque tropical perennifolio (selva alta); bosque mesófilo de montaña	16°38'58" N, 94°47'02" O
24	2006	Río Uxpanapa, Oaxaca, Municipio de Santa María Chimalapas (80)	<i>Huella</i> Colección particular (molde de yeso de huella)	Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (Juchitán)	Bosque tropical perennifolio (selva alta); bosque mesófilo de montaña	17°02'43" N, 94°10'29.61" O
25	2006	Ejido la Esmeralda, Mpio. Santa María Chimalapa (100)	<i>Marca en árbol</i> (fotografía)	Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (Juchitán)	Bosque tropical perennifolio (selva alta); bosque mesófilo de montaña	17°09'52" N, 94°47'15" O
26	2007	Cerro Picacho, 2.82 km E Santa María Huitepec, Mpio. Totontepec Villa de Morelos (2800)	<i>Excreta</i> (fotografía)	Sierra Madre de Oaxaca (Mixe)	Bosque mesófilo de montaña	17°10'17.5" N, 96°00'34.5" O
27	2007	Cerro Picacho, 3.85 km E Santa María Huitepec, Mpio. Totontepec Villa de Morelos (2800)	<i>Excreta</i> (fotografía)	Sierra Madre de Oaxaca (Mixe)	Bosque mesófilo de montaña	17°10'20" N, 96°00'00" O
28	2007	Santa María Jossa 3.36 km SE, Mpio. Ixtlán de Juárez (800)	<i>Individuo sacrificado</i> Colección particular (fotografía)	Sierra Madre de Oaxaca (Ixtlán)	Cafetal-bosque mesófilo de montaña	17°28'2.4" N, 96°18'00" O
29	2007	San Francisco Yatee, Mpio. San Ildelfonso Villa Alta (1280)	<i>Individuo sacrificado</i> Colección particular (fotografía)	Sierra Madre de Oaxaca (Villa Alta)	Bosque tropical subperennifolio (selva mediana)	17°18'25" N, 96°09'53" O
30	2007	San Antonio del Barrio, 13.7 km SSO de Usila, Mpio. San Felipe Usila (550)	<i>Huella</i> Colección particular (molde de yeso de huella)	Sierra Madre de Oaxaca (Tuxtepec)	Agrícola (acahual de 5 a 15 años), con remanentes de selva alta perennifolia.	17°46'00.7" N, 96°32'38.5" O
31	2009	La Chinantla: Santa Cruz Tepetotutla; San Antonio del Barrio, San Pedro Tlatepusco, Santiago Tlatepusco (912-1428)	<i>Fotografía</i> (Obtenida por fototrampeo; Figel et al., 2009)	Sierra Madre de Oaxaca	Bosque mesófilo de montaña, bosque mixto y área agrícola.	17°46'18" N, 96°31'03" O

fía, que se obtuvieron de la base de datos U.S. Geological Survey's Hydro (<http://ebc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/hydro/index.html>).

Realizados los modelos, se seleccionaron los que presentaron el más bajo error de omisión y que se encontraran cercanos a la media del total de los valores. Posteriormente, los modelos fueron exportados al programa GIS ArcView versión 3.2, para su observación y análisis. De esta manera se generó el mapa de distribución potencial del jaguar en

el estado de Oaxaca, en el cual también se determinó la cobertura de cada tipo de vegetación, excluyendo carreteras, caminos, asentamientos humanos y áreas agropecuarias.

Resultados

Distribución geográfica del jaguar en Oaxaca. Se obtuvieron 55 registros de jaguar en el estado de Oaxaca, 31 de éstos fueron seleccionados por presentar un nivel de

confiabilidad I (Fig. 1). De la selección, 5 se encontraban publicados y/o registrados en colecciones científicas de los Estados Unidos (1-5; Cuadro 1); 25 son resultado del trabajo de campo realizado por los autores, de 1990 a 2009. Recientemente se obtuvo un registro más antiguo de éstos, que data del año 1950 en la región de la Planicie costera del Pacífico en el distrito de Pochutla (Cuadro 1).

Durante la década de 1990 se identificaron 5 registros, y a partir del año 2000 y hasta el 2009 se han ubicado 20 más; 11 de éstos, durante los últimos 4 años (2006 a 2009; Cuadro 1).

La mayor parte de los registros consistieron en cráneos o pieles (48.39%, $n = 15$), seguidos de huellas y excretas (25.81%, $n = 8$), y observaciones y fotografías de ejemplares sacrificados (9.68%, $n = 3$). Se encontraron pocos registros en los que se documente la observación directa de ejemplares (capturado y posteriormente liberado) o fotografiado con cámara trampa (6.46%, $n = 2$), un registro bibliográfico, un diente y una fotografía de la marca de rasguños en un árbol asociado a huellas (3.22%, $n = 1$ c/u).

Los registros de jaguar en Oaxaca se encontraron principalmente en los municipios: Santiago Camotlán (5), Santa María Chimalapa (4) y San Felipe Usila (3; Cuadro 1). Sólo en 8 de los 30 distritos políticos en que se divide el estado se encontraron registros. Juchitán y Villa Alta presentaron la mayor cantidad (20%, $n = 6$ para cada distrito), mientras que los distritos Mixe (6.66%, $n = 2$) y Teotitlán (3.33%, $n = 1$) presentaron la menor cantidad. Al analizar la distribución en las 12 subprovincias fisiográficas, sólo en 6 se encontraron registros; la subprovincia con mayor cantidad fue la de Sierra Madre de Oaxaca (53.33%, $n = 16$), seguida de Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (13.33%, $n = 4$) y la Planicie costera del Pacífico (10.0%, $n = 3$; Fig. 1). El rango altitudinal de los registros va de los 80 a los 2 800 m snm, aunque el mayor número se concentró entre los 100 y 500 m snm (43.33%, $n = 13$) y de 501 a 1 000 m snm (33.33%, $n = 10$; Cuadro 1).

El jaguar se registró en 15 asociaciones vegetales, de las cuales el bosque mesófilo de montaña presentó el mayor porcentaje (19%, $n = 6$), seguido de la asociación bosque tropical perennifolio y bosque mesófilo de montaña (16%; $n = 5$), cabe destacar que 4 registros se encontraron en áreas agrícolas (13%; Cuadro 1).

De los 31 registros identificados, 9 se ubican dentro de áreas protegidas por comunidades indígenas (áreas comunales protegidas sin decreto) y 7 a menos de 15 km de distancia de dichas áreas (Cuadro 2; Fig. 1). En cambio, no existen registros dentro o cerca de alguna área natural protegida con decreto estatal o federal, a pesar de los trabajos mastofaunísticos realizados en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (Ramírez-Pulido y Martínez-Vázquez, 2007), el Parque Nacional Lagunas de Chacahua

y Cerro de la Tuza (Lira et al, 2005; Lira, 2006) y el Parque Nacional Huatulco (Lira et al., 2008).

Modelo de distribución potencial del jaguar en Oaxaca. El modelo de distribución potencial ($\geq$ a un 50% de probabilidad de presencia) indica 36 451.92 km² (38.22% de territorio estatal, eliminando zonas urbanas, caminos y carreteras) de hábitat con condiciones propicias para que sobreviva el jaguar (e.g. cobertura vegetal densa y suficientes fuentes de agua); el modelo, como era de esperarse, predice áreas donde se registró la especie, como las subprovincias Planicie costera y Ejes plegados del Golfo (94.53% de esta región), Sierra Madre de Oaxaca (89.85%), Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (75.41%), Sierra Madre del Sur (46.47%) y Planicie costera del Pacífico (13.68%); también muestra zonas con distribución potencial en las cuales no existen registros para la especie como Montañas y Valles del Centro (32.02% de esta región), Depresión del Istmo de Tehuantepec (49.79%) y Montañas y Valles de Occidente (52.45%; Fig. 2). Por otra parte, el modelo muestra áreas potenciales dentro de las Áreas Naturales Protegidas, como la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán y el Parque Nacional Benito Juárez (Fig. 2).

Del área potencial generada por el modelo, 23 149.23 km² (63.51%) están cubiertos por bosques (principalmente bosque mesófilo de montaña y bosques de pino-encino) y 13 302.69 km² (36.49%) por selvas (principalmente bosque tropical perennifolio y subperennifolio y bosque tropical caducifolio y subcaducifolio).

Discusión

Patrones de distribución del jaguar en Oaxaca. Los registros obtenidos tienen una distribución a lo largo de las sierras más importantes del estado (Sierra Madre de Oaxaca, Sierra Madre del Sur y Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas), así como pequeñas porciones de la Planicie costera del Pacífico.

Los registros antiguos (antes de 1950) de las localidades Santo Domingo Tehuantepec y Asunción Ixtaltepec (véase Cuadro 1), se encuentran en zonas que han sido fuertemente modificadas para actividades agropecuarias y muy cerca de carreteras y de áreas densamente urbanizadas, por lo que es poco probable que aún persistan jaguares en estos sitios dada la alteración que ha sufrido el hábitat (Ortega-Huerta y Medley, 1999).

Por el contrario, la mayoría de los registros actuales se concentran en áreas montañosas, principalmente en zonas poco accesibles y alejadas de grandes poblaciones, principalmente en la Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas y Sierra Madre de Oaxaca; sin embargo, esta última presenta una alta tasa de deforestación de bosques tropicales y

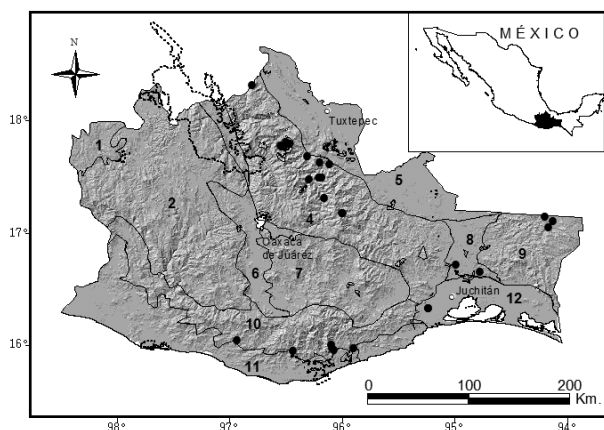


Figura 1. Distribución del jaguar en el estado de Oaxaca. Puntos, registros de jaguar (31), como en el Cuadro 1; polígonos en línea punteada, áreas naturales protegidas con decreto; línea continua, áreas comunales protegidas sin decreto. Subprovincias fisiográficas (Ortiz-Pérez et al., 2004). 1, Depresión del Balsas; 2, Montañas y valles del occidente de Oaxaca; 3, Fosa de Tehuacán; 4, Sierra Madre de Oaxaca; 5, Planicie costera del Golfo (Papaloapan y Coatzacoalcos); 6, Valles centrales de Oaxaca; 7, Montañas y valles del centro; 8, Depresión istmica de Tehuantepec; 9, Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (región de los Chimalapas); 10, Sierra Madre del Sur; 11, Planicie costera del Pacífico y 12, Planicie costera de Tehuantepec.

templados maduros (3% promedio anual); esta pérdida de cobertura vegetal es causada por la agricultura tradicional de roza, tumba y quema, así como por la apertura de tierras dentro del bosque para el pastoreo de ganado (Gómez-Mendoza et al., 2006). Las tasas de deforestación para el estado sugieren una continua reducción y alteración del hábitat y modificación de paisajes naturales con los consecuentes efectos en la flora y fauna nativa. Otra de las actividades productivas de la Sierra Madre de Oaxaca y de la Sierra Madre del Sur es el cultivo de café; cuando el manejo es tradicional, la estructura de la cobertura arbórea se asemeja a la estructura del bosque primario, y permite la existencia de mamíferos medianos y grandes (Moguel y Toledo, 1999), muchos de los cuales son presa del jaguar.

Los registros se encontraron dentro de la Sierra Norte de Oaxaca-Mixe, Sierra Sur y Costa de Oaxaca y en la región Selva Zoque-La Sepultura, 3 de las regiones terrestres prioritarias propuestas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) debido al alto valor de conservación que presentan (Arriaga et al., 2000); sin embargo, en Oaxaca existen otras 6 regiones terrestres prioritarias sin datos de presencia del jaguar.

Distribución potencial del jaguar en Oaxaca. A pesar de los registros aquí presentados, aún resulta necesario confirmar su presencia en muchas otras áreas donde no se cuenta con información, pero sobre todo en aquellas donde no se

han llevado muestreos pero lo predice el modelo, como en la región de las Montañas y Valles del Occidente (Mixteca), Valles Centrales y en la región de Montañas y Valles del Centro que cuentan con áreas de vegetación conservada y con baja densidad poblacional humana. Asimismo, en las regiones que no han sido exploradas mastofaunísticamente, como las subprovincias Sierra Madre del Sur, Depresión del Balsas, Planicie costera del Golfo y el suroeste de Oaxaca en la Planicie costera del Pacífico (Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004). Conforme se realicen muestreos en estos sitios se podrá obtener una mejor comprensión de la distribución y ecología del jaguar.

Las áreas predichas por el modelo presentan una gran cobertura forestal en buen estado de conservación (Fig. 2); aunado a ello, en estas áreas existen comunidades indígenas que de acuerdo con sus usos y costumbres conservan parte de su territorio intacto, como un área comunal protegida (ACP; Anta et al., 2007; Ortega del Valle et al., 2010).

La predicción de distribución potencial del jaguar en las subprovincias Montañas y Valles del Centro, Montañas y Valles del Occidente y Depresión del Istmo de Tehuantepec podría sustentar la propuesta de conectividad entre las poblaciones de la Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas con la Sierra Madre de Oaxaca y ésta con la Sierra Madre del Sur, como sugieren Rabinowitz y Zeller (2010). Será necesario confirmar la presencia de la especie en esta región para integrarla a planes de manejo y asegurar la funcionalidad del corredor. Por otra parte, el modelo de distribución potencial generado muestra semejanza con los modelos generados para el país (Rodríguez, 2008) en la Sierra Madre de Oaxaca, Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas y muestra diferencia en superficie con la Sierra Madre del Sur.

Estrategias de conservación del jaguar en Oaxaca. A pesar de que en el estado existen 9 áreas naturales protegidas bajo decreto, 7 con decreto federal y 2 con decreto estatal, con un total de 500 412 ha que corresponden al 5.3% del territorio oaxaqueño, en ninguna de ellas se encontraron registros de jaguar (Lira et al., 2005; Ramírez-Pulido y Martínez-Vázquez, 2007; Lira et al., 2008), posiblemente se debe a que estas áreas tienen fuertes problemas de conservación, como pérdida de hábitat, conflictos agrarios, presencia de narcotráfico, y de cacería de subsistencia y comercial que han diezmando por mucho su biodiversidad (Lira, 2006). Por tanto, el sistema nacional de las ANP no ofrece protección a las poblaciones de jaguares en Oaxaca, como sucede de manera similar con otros grupos de mamíferos, como los primates, que tienen también serios problemas de conservación (Ortiz-Martínez et al., 2008).

Por otro lado, existen grandes extensiones de tierra en el estado que no cuentan con un decreto federal o estatal (115 000 ha) como la región de Los Chimalapas y algunas

Cuadro 2. Registros de jaguar dentro y cerca de áreas comunales protegidas (ACP) en el estado de Oaxaca

Número Registro	Localidad (Región)	Área comunal protegida	Distancia en línea recta
A. Dentro			
7	Santiago Tlatepusco, San Felipe Usila (SMO)	Santiago Tlatepusco	
11	San Antonio del Barrio, San Felipe Usila (SMO)	San Antonio del Barrio	
12	San Pedro Tlatepusco, San Felipe Usila (SMO)	San Pedro Tlatepusco	
18	San Isidro Chacalapa (PCP)	San Isidro Chacalapa	
19	Finca Soconusco, Pluma Hidalgo (SMS)	Cafetal Soconusco	
23	El Porvenir, San Miguel Chimalapas (SMOCh)	El Porvenir	
26 y 27	Cerro Picacho, Totontepec Villa de Morelos (SMO)	Santa María Huitepec	
30	San Antonio del Barrio, San Felipe Usila (SMO)	San Antonio del Barrio	
B. Cercanos			
2	Chivela, Asunción Ixtaltepec (DIT)	Río Verde Tolistoque	8 km
3	Tehuantepec, Santo Domingo Tehuantepec (PCT)	Cerro de la Garza	13 km
4	Tehuantepec, Santo Domingo Tehuantepec PCT)	Cerro de la Garza	13 km
6	Cascadas La Gloria, Santa María Xadani, San Miguel del Puerto (PCP)	San Isidro Chacalapa	14 km
10	Laaduú, La Esperanza, Santiago Comaltepec (SMO)	El Relámpago, Santiago Comaltepec	14 km
15	Santa María Xadani, San Miguel del Puerto (PCP)	San Isidro Chacalapa	11 km
16	Rancho el Mameyal, Santiago Comaltepec (SMO)	El Relámpago, Santiago Comaltepec	5 km

SMO, Sierra Madre de Oaxaca; PCP, Planicie costera del Pacífico; SMS, Sierra Madre del Sur; DIT, Depresión Istmica de Tehuantepec; PCT, Planicie costera de Tehuantepec; SMOCh, Sierra Madre del sur de Oaxaca y Chiapas.

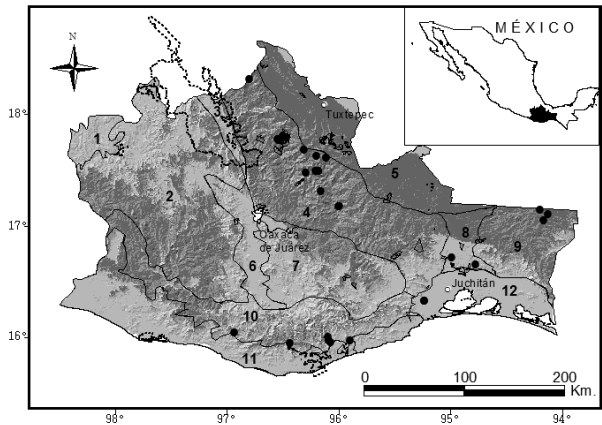


Figura 2. Distribución potencial del jaguar en Oaxaca predicha por el programa MaxEnt. Los puntos corresponden a los registros obtenidos para la especie. Zona sombreada, área de distribución potencial $\geq$ al 50% de probabilidad de presencia. Subprovincias fisiográficas, como en figura 1. Las Áreas Naturales Protegidas se indican con línea punteada.

más en la Sierra Madre de Oaxaca, Planicie costera del Pacífico y Sierra Madre del Sur, donde las comunidades indígenas oaxaqueñas están conservando los recursos naturales de sus terrenos. Estas iniciativas y prácticas datan ya de hace muchos años y tienen como único fin la conservación de sus ecosistemas y la protección de la biodiversidad en la que ellos se asientan. La mayoría de los

registros obtenidos para el jaguar se encontraron dentro de terrenos comunales protegidos, o bien, a menos 15 km de distancia. Esto demuestra que esta estrategia resulta ser muy útil para la conservación de esta especie (Anta et al., 2007; Figel et al., 2009; Ortega-del Valle et al., 2010). En los estatutos de todas estas comunidades se manifiesta la conservación de la cobertura vegetal, de sus mantos acuíferos y la prohibición de la cacería, no sólo del jaguar sino de la gran mayoría de las especies animales que habitan su territorio.

Tal es el caso del sistema comunal de áreas protegidas de Santa María Huatulco y el sistema para la conservación de la biodiversidad de varias comunidades de la cuenca del río Copalita, ambas en la Planicie costera del Pacífico. Santiago Comaltepec, el ejido de San José Río Manso e Ixtlán de Juárez, por mencionar sólo algunas de la región Sierra Madre de Oaxaca, o bien, la Congregación de la Fortaleza, en el municipio de Santa María Chimalapa de la Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas.

El problema con la ganadería. Al igual que en otras regiones del país, el conflicto entre el jaguar y la ganadería resulta relevante en el área de distribución de la especie en Oaxaca. A pesar de que las principales áreas ganaderas del estado se encuentran en la región de la Planicie costera y Ejes plegados del Golfo (Papaloapan; INEGI, 2007), no se encontraron registros de la especie en ésta. En cambio, muchos de los registros de jaguar (50%) en la región de la Sierra Madre de Oaxaca, Sierra Sur y Planicie costera

del Pacífico, y Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas se basan en restos biológicos de jaguares cazados por habitantes locales a pesar de no ser zonas propiamente ganaderas. Esto se debe básicamente a los conflictos por la depredación a baja escala de ganado doméstico (equino, bovino y ovino) que suele ocasionar el jaguar, como principal consecuencia de la disminución de sus presas naturales (venados, pecaríes, tepezcuíntles, agutíes, tapires, hoco-faisanes, tortugas, etc.). Ante la falta de apoyo para proteger su ganado, los comuneros de Oaxaca a menudo se ven forzados a cazar estos depredadores. Si bien es cierto que la ganadería no se practica de manera extensiva en las áreas de distribución del jaguar en Oaxaca, sí se apoya a las comunidades indígenas con algunas cabezas de ganado, que son pastoreadas en zonas de bosque y selvas del estado.

Se ha considerado que la depredación de ganado por el jaguar, o cualquier otro carnívoro, puede estar ocasionada por una serie de factores: 1), el comportamiento innato y aprendido de los carnívoros, al desaparecer sus presas naturales; 2), el estado de salud de cada carnívoro; 3), las prácticas ganaderas y agropecuarias y 4), la abundancia y distribución de las presas naturales. Cuando se examina el porqué de la pérdida de ganado a consecuencia de los carnívoros, es mejor considerar simultáneamente estos factores interrelacionados (Polisar, 2002).

El conflicto humano-carnívoro en las regiones de Oaxaca donde el jaguar existe se reduciría en gran medida con un buen manejo estabulado del ganado, aunado a programas de educación ambiental que proporcionen información a las comunidades rurales sobre la importancia de ésta y otras especies de fauna silvestre, así como a una sustentabilidad de la cacería de sus presas potenciales.

Finalmente, entre los factores limitantes en la conservación de la especie para Oaxaca también se encuentra, sin lugar a dudas, la fragmentación del hábitat. No obstante, se puede mencionar que en los alrededores de la mayor parte de los registros encontrados aún existe una amplia zona con cobertura vegetal en buen estado de conservación. Estos sitios se encuentran cercanos a bloques de vegetación primaria, como bosque mesófilo de montaña, bosque tropical perennifolio, bosque tropical subperennifolio y bosque tropical caducifolio, principalmente en la Sierra Madre de Oaxaca, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas, mismas que pueden estar albergando un importante número de individuos de jaguar.

Resulta necesario realizar estudios sobre estimaciones poblacionales del jaguar y con ello obtener bases para la conservación de este carnívoro en el estado, así como formular y poner en marcha medidas de manejo de animales problema, enfatizando en la relación entre ganaderos y el jaguar (Hernández, 1992; Miller y Rabinowitz, 2002). Además, habrá que destacar la importancia de la especie

en programas de conservación que necesitan ser aplicados en el estado, y utilizar al jaguar como especie focal (Miller y Rabinowitz, 2002).

Agradecimientos

El trabajo se realizó con el apoyo financiero parcial de la Secretaría de Investigación y Posgrado del IPN (SIP 20050547; SIP 20060058; SIP 20070443); de COINBIO (NF/CO/OAX/050/A/150/2005) y del programa Bosques Mexicanos: selva zoque, de WWF- México. Agradecemos a E. Duran, D. Bray, J. Figel y J. Prisciliano-Vásquez, del CIIDIR-Oaxaca, IPN, Universidad Internacional de Florida y Geoconservación, A.C., por aportar amablemente información de los registros de jaguar obtenidos durante su proyecto de investigación en la Región de la Chinantla (Sierra Madre de Oaxaca) bajo el apoyo financiero de U.S. Fish & Wildlife Service (CFDA 15.641) y la Secretaría de Investigación y Posgrado, IPN y al convenio CIIDIR-Oaxaca/ Geoconservación, A.C. M. Peralta y M. Luna Krauletz aportaron información adicional de las regiones Mixe y Chinantla alta, respectivamente. M. Briones-Salas, a la Comisión de Operación y Fomento a las Actividades Académicas y la beca de Estímulos al Desempeño de la Investigación, ambas del IPN, así como al Sistema Nacional de Investigadores por su apoyo.

Literatura citada

- Anta, F. S., I. Piña, B. G. Sánchez, R. F. García, B. Gutiérrez y G. Sánchez. 2007. Estrategias para la conservación de áreas naturales protegidas en el estado de Oaxaca. Instituto Nacional de Ecología, México, D. F. <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/gacetitas/275/oaxaca.html>; última consulta: 18.VIII.2008.
- Aranda, M. 1994. Diferenciación entre las huellas de jaguar y puma: un análisis de criterios. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) 63:75-78.
- Aranda, M. 1996. Distribución y abundancia del jaguar, *Panthera onca* (Carnívora: Felidae) en el estado de Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) 68:45-52.
- Aranda, M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/ Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz, México. 212 p.
- Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (Coordinadores). 2000. Regiones Terrestres Prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, Mapa vectorial. México, D. F.
- Briones-Salas, M. y V. Sánchez- Cordero. 2004. Mamíferos. *In* Biodiversidad de Oaxaca, A. J. García Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología,

- UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/World Wildlife Fund. México, D. F. p. 43-54.
- Brown, D. E. y C. A. López-Gózález. 2000. Notes on the occurrences of jaguars in Arizona and Mexico. *The Southwestern Naturalist* 45:537-546.
- Brown, D. E. y C. A. López-Gózález. 2001. *Borderland jaguars*. University of Utah Press, Salt Lake City. 170 p.
- Ceballos, G., C. Chávez, S. Blanco, R. Jiménez, M. López, O. Moctezuma, V. Tamez y M. Valdez. 2006. Áreas prioritarias para la conservación. *In* *Memorias del Primer simposio: El jaguar mexicano en el siglo XXI: situación actual y manejo*, C. Chávez y G. Ceballos (eds.). Cuernavaca, Morelos, 15 al 17 de octubre de 2005. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/Alianza. p. 13-19.
- Cervantes, F. A. y L. Yépez. 1995. Species richness of mammals from the vicinity of Salina Cruz, coastal Oaxaca, Mexico. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica* 66:113-122.
- CITES (Convenio Internacional de Especies Amenazadas). 2008. Apéndices I, II and III. Geneva. 47 p.
- Chávez-Tovar, C., J. M. Aranda y G. Ceballos. 2006. *Panthera onca*. *In* *Los mamíferos silvestres de México*, G. Ceballos y G. Oliva (coords.). Fondo de Cultura Económica y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. p. 367-370.
- Elith, J., C. H. Graham, R. P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. J. Hijmans, F. Huettmann, J. R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. Mc. Overton, A. T. Peterson, S. J. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. E. Schapire, J. Soberón, S. Williams, M. S. Wisz y N. E. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29:129-151.
- Figel, J., E. Durán, D. Barton y J. R. Prisciliano-Vázquez. 2009. New jaguar records from montane forest at a priority site in southern Mexico. *CATnews* 50:14-15.
- Goldman, E. A. 1943. The races of the ocelot and margay in Middle America. *Journal of Mammalogy* 24:372-385.
- Gómez-Mendoza, L., E. Vega-Peña, M. Ramírez, J. L. Palacio-Prieto y L. Galicia. 2006. Projecting land-use change processes in the Sierra Norte of Oaxaca, Mexico. *Applied Geography* 26:276-290.
- Goodwin, G. G. 1969. Mammals from the state of Oaxaca, Mexico. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 141:244-246.
- Hall, E. R. 1981. *The mammals of North America*, vols. I y II, segunda edición. Wiley, New York. 600 + 90, 1181 + 90 p.
- Hernández, A. 1992. Los carnívoros y sus perspectivas de conservación en las áreas protegidas de México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 54:1-23.
- Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones y A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965-1978.
- Hutchinson, G. E. 1957. Concluding remarks. *In* *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22:415-427.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2007. VIII censo agrícola, ganadero y forestal. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes, Aguascalientes.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2010. Red list of threatened species. IUCN, Gland. www.iucnredlist.org; última consulta: 5.V. 2010.
- Lira, I. 2006. Abundancia, densidad, preferencia de hábitat y uso local de los vertebrados en Tuza de Monroy, Santiago Jamiltepec, Oaxaca. *Revista Mexicana de Mastozoología* 10:6-31.
- Lira, I., E. M. Camacho y C. Hernández-Santiago. 2008. Mamíferos de la bahía y microcuenca del río Cacaluta, Santa María Huatulco, Oaxaca. *In* *Diagnóstico de los recursos naturales de la bahía y microcuenca de Cacaluta*, J. M. Domínguez-Licona (ed.). Instituto de Ecología, Universidad del Mar, Oaxaca, México. p. 267-280.
- Lira, I. y G. Ramos-Fernández. 2007. Situación del jaguar en la región de los Chimalapas, Oaxaca. *In* *Conservación y manejo del jaguar en México: estudios de caso y perspectivas*, G. Ceballos, C. Chávez, R. List, y H. Zarza (eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/Alianza WWF-Telcel/Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. p. 71-80.
- Lira, I., L. Mora, E. M. Camacho y E. Galindo. 2005. Mastofauna del cerro de La Tuza, Oaxaca. *Revista Mexicana de Mastozoología* 9:6-20.
- Luna, K. M. 2008. Conservación de carnívoros en el área comunal protegida de Santiago Comaltepec, Sierra Madre de Oaxaca, México. Tesis, Maestría Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, IPN, Oaxaca. 89 p.
- McCain, E. B. y J. L. Childs. 2008. Evidence of resident jaguars (*Panthera onca*) in the southwestern United States and the implications for conservation. *Journal of Mammalogy* 89:1-10.
- Miller, B. y A. Rabinowitz. 2002. ¿Porqué conservar el jaguar? *In* *El Jaguar en el nuevo milenio*, R. A. Medellín, C. Equihua, C. Chetkiewicz, P. Crawshaw, A. Rabinowitz, K. Redford, J. G. Robinson, E. W. Sanderson y A. B. Taber (comps.) Fondo de Cultura Económica/ Universidad Nacional Autónoma de México/ Wildlife Conservation Society, México, D. F. p. 303-315.
- Moguel, P. y V. M. Toledo. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13:11-21.
- Ortega del Valle, D., G. Sánchez, C. Solano, M. Huerta, V. Meza

- y C. Galindo-Leal. 2010. Áreas de conservación certificadas en el estado de Oaxaca. World Wildlife Fund/ Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, SEMARNAT, Oaxaca, Oaxaca. 34 p.
- Ortega-Huerta, M. A. y K. E. Medley. 1999. Landscape analysis of jaguar (*Panthera onca*) habitat using sighting records in the Sierra Tamaulipas, Mexico. *Environmental Conservation* 26:257-269.
- Ortiz-Martínez, T., V. Rico-Gray y E. Martínez-Meyer. 2008. Predicted and verified distributions of *Ateles geoffroyi* and *Alouatta palliata* in Oaxaca, Mexico. *Primates* 49:186-194.
- Ortiz-Pérez, M. A., J. R. Hernández-Santana y J. M. Figueroa-Mah-Eng. 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. In *Biodiversidad de Oaxaca*, A. J. García-Mendoza, M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología, UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/World Wildlife Fund, México, D. F. p. 43-54.
- Palacio, J. L., G. Bocco, A. Velázquez, J. F. Mass, F. Takaki, A. Victoria, L. Luna, G. Gómez, J. López, M. Palma, I. Trejo, A. Peralta, J. Prado, A. Rodríguez, R. Mayorga y F. González. 2000. La condición actual de los recursos forestales de México: resultados del Inventario Nacional Forestal 2000. *Boletín del Instituto de Geografía* 43:183-203.
- Pawar, S., M. S. Koo, C. Kelley, M. F. Ahmed, S. Chaudhuri y S. Sarkar. 2007. Conservation assessment and prioritization of areas in northeast India: priorities for amphibians and reptiles. *Biological Conservation* 36:346-361.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson y R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231-259.
- Polisar, J. 2002. Componentes de la base de presas de jaguar y puma en Piñero, Venezuela. In *El jaguar en el nuevo milenio*, R. A. Medellín, C. Equihua, C. Chetkiewicz, P. Crawshaw, A. Rabinowitz, K. Redford, J. G. Robinson, E. W. Sanderson y A. B. Taber (comps.). Fondo de Cultura Económica/ Universidad Nacional Autónoma de México/Wildlife Conservation Society, México, D. F. p. 151-182.
- Rabinowitz, R. A. y J. R. Nottingham. 1986. Ecology and behavior of the jaguar (*Panthera onca*) in Belize, Central America. *Journal of Zoology* 210:149-159.
- Rabinowitz, A. y K. A. Zeller. 2010. A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, *Panthera onca*. *Biological Conservation* 143:939-945.
- Ramírez-Pulido, J. y J. Martínez-Vázquez. 2007. Diversidad de los mamíferos de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca, México. Informe final. Proyecto Núm.BK022, SNIB-CONABIO, México, D. F. 16 p.
- Rodríguez, C. 2008. Distribución potencial de jaguar (*Panthera onca*) en México: identificación de zonas prioritarias para su conservación. Tesis, Maestría Universidad Autónoma de Baja California, La Paz. 72 p.
- Sanderson, E. W., C. L. B. Chetkiewicz, R. A. Medellín, A. Rabinowitz, K. H. Redford, J. G. Robinson y A. B. Taber. 2002. Un análisis geográfico del estado de conservación y distribución de los jaguares a través de su área de distribución. In *El jaguar en el nuevo milenio*, R. A. Medellín, C. Equihua, C. L. B. Chetkiewicz, P. G. Crawshaw Jr., A. Rabinowitz, K. H. Redford, J. G. Robinson, E. W. Sanderson y A. B. Taber (comps.). Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México, Wildlife Conservation Society, México, D. F. p. 551-600.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 6 de marzo. 85 p.
- Seymour, K. L. 1989. *Panthera onca*. *Mammalian species* 340:1-9.
- Soberón, J. y A. T. Petterson. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2:1-10.
- Tewes, M. E. y D. D. Everett. 1982. Status and distribution of the endangered ocelot and jaguarundi in Texas. In *Cats of the world: biology, conservation and management*, S. D. Miller y D. D. Everett (eds.). National Wildlife Federation, Washington, D.C. p. 147-158.
- Trejo, I. 2004. Clima. In *Biodiversidad de Oaxaca*, A. J. García Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología, UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/World Wildlife Fund, México, D. F. p. 67-85.
- Torres-Colín, R. 2004. Tipos de vegetación. In *Biodiversidad de Oaxaca*, A. J. García Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología, UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/World Wildlife Fund, México, D. F. p. 105-117.